



Escola Superior d'Enginyeries Industrials,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ESEIAAT
Treball Fi de Grau

Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la Biblioteca del Campus de Terrassa

Report (Memòria)

Realitzat per: Marc Sabadell Grau

Tutor: Josep Maria Domenech Mas

Estudis: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Data d'entrega del projecte: 22 de juny de 2016

Convocatòria: Ordinària (Juliol 2016)

22-JUN-2016

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Sumari de memòria

1	Objecte de l'estudi	10
2	Justificació de l'estudi	10
3	Abast de l'estudi	11
4	Especificacions bàsiques de l'estudi	12
5	Introducció de la Biblioteca del Campus de Terrassa	12
6	Recull d'informació inicial	13
6.1	Visita del lloc a estudiar	18
6.1.1	Anàlisi del local	18
6.1.1.1	Sostre	18
6.1.1.2	Façana	19
6.1.1.3	Envans opacs	20
6.1.1.4	Envans de vidre	21
6.1.1.5	Paviment i sòcols	22
6.1.1.6	Mobiliari	22
6.1.2	Entrevista a treballadors i estudiants de la biblioteca	23
6.1.2.1	Entrevista als treballadors	23
6.1.2.2	Entrevista als estudiants	23
6.1.3	Estudi sonomètric	23
6.2	Cerca de referències	26
6.2.1	Biblioteca de la Universitat Autònoma de Barcelona	26
6.2.2	Biblioteca Pública de Girona	29
6.3	Obtenció d'informació específica	31
6.3.1	Obtenció dels plànols generals	31
6.3.2	Obtenció de la llista de materials	35

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

7	Projecció de diferents propostes	38
7.1	Plantejament de diferents propostes	38
7.1.1	Sostre	38
7.1.2	Façana	40
7.1.3	Envans opacs	41
7.1.4	Envans de vidre	42
7.1.5	Paviment i sòcols	44
7.1.6	Mobiliari	44
7.2	Viabilitat de les propostes	45
7.2.1	Viabilitat dels diferents factors de decisió	45
7.2.1.1	Sostre	46
7.2.1.2	Façana	46
7.2.1.3	Envans opacs	47
7.2.1.4	Envans de vidre	47
7.2.1.5	Paviment i sòcols	48
7.2.1.6	Mobiliari	48
7.2.2	Presa de decisió	49
8	Solució escollida	54
8.1	Materials utilitzats	54
8.1.1	Suro	54
8.1.2	Cel·lulosa	57
8.1.3	Fibra de fusta	59
8.1.4	Juntes	62
8.1.5	Plantes	64
8.1.5.1	Potus (<i>epipremnum aureum</i>)	65
8.1.5.2	Arbre de cauxú (<i>ficus robusta</i>)	65
8.1.5.3	Ubicació de les plantes	66
8.2	Impacte mediambiental	67
8.2.1	Suro	67

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

8.2.2 Cel·lulosa	68
8.2.3 Fibra de fusta	69
8.2.4 Junes	70
8.3 Estudi acústic	72
8.4 Detalls constructius	74
8.4.1 Secció vertical	74
8.4.2 Secció horitzontal	75
9 Pressupost	76
10 Conclusions i futures recomanacions	77
11 Bibliografia	78

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula de figures

Figura 1. Façana nord de la BCT	14
Figura 2. Dades de la BCT de 1995 a 2015	16
Figura 3. Localització de la Biblioteca del Campus de Terrassa	16
Figura 4. Superfície de les sales de treball	17
Figura 5. Estat actual del sostre	18
Figura 6. Estat actual de la façana	19
Figura 7. Estat actual dels envans opacs	20
Figura 8. Estat actual dels envans de vidre	21
Figura 9. Estat actual del paviment i dels sòcols	22
Figura 10. Estat actual del mobiliari	22
Figura 11. Taules de treball en grup a la Biblioteca de la UAB	27
Figura 12. Sales d'estudi i taules a la planta baixa de la Biblioteca de la UAB	27
Figura 13. Sales d'estudi en grup a la planta 1 de la Biblioteca de la UAB	28
Figura 14. Unions entre la fusteria i els envans de vidre a la Biblioteca de la UAB	28
Figura 15. Sales d'estudi en grup de la Biblioteca Pública de Girona	29
Figura 16. Sala d'ordinadors de la Biblioteca Pública de Girona	30
Figura 17. Taules d'estudi de la Biblioteca Pública de Girona	30
Figura 18. Alçats de les quatre façanes	31
Figura 19. Secció longitudinal pel centre de l'edifici	32
Figura 20. Seccions verticals longitudinal i transversal realitzades per l'escala	32

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Figura 21. Seccions de detall	33
Figura 22. Vista actual de la planta baixa	33
Figura 23. Vista actual de la planta 1	34
Figura 24. Vista actual de la planta 2	34
Figura 25. Llistat de materials facilitat per la UPC	35
Figura 26. Proposta de canviar la xapa / folrar la xapa del sostre	38
Figura 27. Proposta de tapar la reculada de forma horitzontal	39
Figura 28. Proposta de tapar la reculada de forma diagonal.....	40
Figura 29. Proposta de segellar la fusteria	41
Figura 30. Espai entre l'envà de vidre i el paviment	42
Figura 31. Altres imatges en les quals es necessita resoldre els trobaments	43
Figura 32. Maneta metàl·lica actual de les portes	43
Figura 33. Proposta per resoldre els sòcols metàl·lics malmesos	44
Figura 34. Propostes de folrar i afegir tacs al mobiliari	45
Figura 35. Suro	55
Figura 36. Cel·lulosa	58
Figura 37. Fibra de fusta	60
Figura 38. Potus (<i>epipremnum aureum</i>) i Arbre de cautxú (<i>ficus robusta</i>)	64
Figura 39. Ubicació de les plantes a les sales	66
Figura 40. Detall constructiu 1	74
Figura 41. Detall constructiu 2	75

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	<div>Data: 22-JUN-2016</div>
		<div>Estudis: GrETI</div>
		<div>Codi TFG: 556</div>
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		

Figura 42. Detall constructiu 3 75

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula de taules

Taula 1. Estudi sonomètric realitzat a les diferents aules	24
Taula 2. Atenuació dels decibels en funció de la freqüència	25
Taula 3. Càlcul de dBA en les diverses aules	26
Taula 4. Alçada lliure actual entre forjats	35
Taula 5. Tancaments verticals exteriors actuals	36
Taula 6. Buits actuals	36
Taula 7. Tancaments horitzontals actuals	36
Taula 8. Llistat de materials sostenibles amb les seves principals característiques	37
Taula 9. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives al sostre	49
Taula 10. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives a la façana	50
Taula 11. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives als envans opacs	50
Taula 12. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives als envans de vidre ...	51
Taula 13. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives als sòcols	52
Taula 14. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives al mobiliari	52
Taula 15. Diferents tipus de plaques de suro aglomerat	56
Taula 16. Diferents tipus de fixacions per a la placa de suro aglomerat	56
Taula 17. Cost de la placa de suro aglomerat i la seva instal·lació	57
Taula 18. Cost de l'insuflat de cel·lulosa i la seva instal·lació	59
Taula 19. Diferents tipus de plaques de llana de fusta	61
Taula 20. Diferents tipus de fixacions per a la placa de llana de fusta	61

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 21. Cost de la placa de fusta i la seva instal·lació	62
Taula 22. Diferents tipus de juntes	63
Taula 23. Cost total de les juntes	63
Taula 24. Quantitat i cost del potus i l'arbre de cautxú	66
Taula 25. Consum energètic de la placa de suro aglomerat	67
Taula 26. Classificació dels residus produïts per la placa de suro aglomerat	68
Taula 27. Consum energètic de la cel·lulosa insuflada	69
Taula 28. Classificació dels residus produïts per la cel·lulosa insuflada	69
Taula 29. Consum energètic de la placa de llana de fusta	70
Taula 30. Classificació dels residus produïts per la placa de llana de fusta	70
Taula 31. Consum energètic de les juntes	71
Taula 32. Classificació dels residus produïts per les juntes	71
Taula 33. NRC del suro, cel·lulosa i fibra de fusta	72
Taula 34. R del suro, cel·lulosa i fibra de fusta	73
Taula 35. Resum del pressupost	76

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula de gràfiques

Gràfica 1. Corba de ponderació A	25
--	----

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

1 Objecte de l'estudi

L'objecte d'aquest estudi és millorar la insonorització de les catorze sales d'estudi (dues individuals i deu de treball en grup) de la planta superior de la Biblioteca del Campus de Terrassa per a reduir la contaminació acústica dins la biblioteca, facilitant el correcte funcionament d'aquesta. Aquest millor aïllament acústic permetrà als empleats de la biblioteca i als estudiants poder treballar de forma adequada, tant dins com fora de les aules¹.

¹ En aquest document s'utilitza la paraula aula com a equivalent del terme sala.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

2 Justificació de l'estudi

El nivell d'insonorització acústica de les sales d'estudi és insuficient actualment, no permetent als empleats i estudiants realitzar les tasques en les condicions adequades. En els últims anys, aquests han demanat un major aïllament acústic per a facilitar l'estudi dels alumnes.

La direcció de la biblioteca a demanat la realització d'un estudi per a la insonorització de les sales, ja que aquestes aules tenen un gran marge de millora, i amb aquest estudi es proposaran diverses mesures per a aconseguir aquesta disminució de soroll, sempre complint la normativa.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

3 Abast de l'estudi

Es realitzaran les següents tasques durant aquest estudi:

- Anàlisi del local a estudiar en la situació actual per a poder exposar els problemes observats i les seves possibles millores.
- Entrevista als treballadors de la biblioteca per a saber la seva opinió respecte l'estat actual de les aules.
- Entrevista als estudiants de la biblioteca per a saber la seva opinió respecte l'estat actual de les aules.
- Realització d'un estudi sonomètric de les aules, classificant-les segons el tipus d'aula.
- Avaluació de les dades de l'estudi sonomètric a partir de l'ús de la normativa per a conèixer la gravetat del problema.
- Cerca de referències d'altres biblioteques amb una situació similar a la Biblioteca del Campus de Terrassa, com són la Biblioteca de la Universitat Autònoma de Barcelona i la Biblioteca Pública de Girona.
- Cerca dels principals materials aïllants sostenibles d'útil aplicació per a la Biblioteca del Campus de Terrassa per a una millor insonorització de les aules.
- Realització dels nous plànols i detalls constructius, tant horitzontals com verticals, a partir del programa AutoCAD.
- Plantejament de propostes per a reduir la contaminació acústica actual, classificat segons el tipus de part estructural tractada.
- Estudi de la viabilitat de les propostes, analitzant l'absorció acústica, preu, impacte mediambiental, temps d'execució, manteniment i durabilitat de cadascuna d'aquestes.
- Presa de decisió sobre les propostes partint de la situació actual de l'entitat, escollint la solució final.
- Divisió de la proposta final en fases d'execució per a que no sigui necessari realitzar tota la remodelació alhora.
- Realització d'un estudi mediambiental i acústic de la solució escollida.
- Realització del pressupost i amidaments de l'estudi.
- Futures recomanacions en relació amb aquest estudi.

<div><div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div><div>Secció Terrassa</div></div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

4 Especificacions bàsiques de l'estudi

Les especificacions bàsiques exigides per l'entitat són les següents:

- Entrevista a treballadors i estudiants de la Biblioteca del Campus de Terrassa per a conèixer la seva opinió respecte l'estat actual de les aules d'estudi.
- Ús de materials sostenibles per a millorar l'aïllament acústic en els casos que sigui possible.
- Cerca de la millor relació qualitat – preu dels nous materials.
- Realització de l'estudi en fases independents per a no haver de realitzar totes les millores alhora.
- Realització d'un estudi de la contaminació acústica actual per a esbrinar la gravetat de la situació.
- Els envans de vidre no es poden treure o recobrir amb un material opac.
- Les propostes resultants no han de comportar problemes higiènics dins les aules.
- Plantejament de propostes per a aïllar acústicament complint la normativa actual.
- Estudi de la viabilitat econòmica de les diferents propostes realitzades.
- Presa de decisió sobre les propostes per a arribar a la solució més adequada considerant la situació actual de l'entitat.
- Realització d'un estudi mediambiental de la nova proposta.
- Realització del pressupost.
- Realització dels plànols de la nova proposta.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

5 Introducció de la Biblioteca del Campus de Terrassa

La primera fase de la construcció de la Biblioteca del Campus de Terrassa (BCT) de la UPC es va inaugurar l'11 de maig de 1995. Era l'inici d'un projecte planificat en tres fases de creixement d'un nou edifici de serveis bibliotecaris, situat en un punt universitari neuràlgic com és la Plaça del Campus.

La BCT va ser el primer edifici d'espais comuns al Campus de Terrassa, acollint les col·leccions de les antigues dues biblioteques ubicades a les escoles d'enginyeria, l'EUETIT i l'ETSEIAT (actualment l'ESEIAAT).

L'edifici, de 900 m², comptava principalment amb 157 punts de lectura, 30 punts d'accés a la xarxa i 10 ordinadors per consultar els recursos electrònics.

Mentre el nou servei de campus s'anava consolidant, es treballava paral·lelament en el disseny de la segona fase de l'edifici, amb l'objectiu de poder créixer, tant quantitativa com qualitativament.

El 25 de maig de 1999 es va inaugurar la segona fase de la BCT.

El creixement de l'edifici, amb 1.674 m², va permetre ubicar 280 punts de lectura, tot i que insuficients per a una comunitat universitària d'uns 5.000 usuaris potencials. Aquesta segona fase va permetre la integració dels fons bibliogràfics de l'INTEXTER, de l'EUOOT (actualment la FOOT) i del CITM.



Figura 1. Façana nord de la BCT²

²Terrassa.UPC.edu. *Biblioteca* [en línia]. [Consultada: 10 juny 2016]. Recuperada de: <http://www.terrassa.upc.edu/biblioteca>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

L'any 2008 es van afegir sis aules d'estudi per als estudiants. Aquestes eren insuficients, i l'any 2012 es va decidir ampliar a catorze el nombre de sales, que són les aules que es troben actualment a la biblioteca.

Al llarg d'aquests 20 anys la Biblioteca, integrada dins del Servei de Biblioteques, Documentació i Arxius de la UPC, ha anat desenvolupant projectes i encarant nous reptes sota l'aixopluc dels diferents plans estratègics avalats per al Universitat: *Escher*, *Paideia*, *Aprèn* i *Digital!* El treball per objectius a curt, mitjà i llarg termini ha permès anar donant resposta a les necessitats d'aprenentatge, docència i investigació dels principals usuaris de la biblioteca.

Durant aquest 20 anys el gran nombre de prestatges, on s'ubicaven col·leccions de revistes impreses, han deixat pas a espais de treball en grup amb equipament TIC, a espais d'estudi individual, o a taules electrificades per a l'ús d'aparells i equipaments electrònics. Els voluminosos toms d'enciclopèdies en format paper s'han substituït per col·leccions digitals a text complet i per bases de dades amb milions d'entrades bibliogràfiques a text complet. El préstec tradicional de llibres s'ha estès al préstec d'ordinadors portàtils, d'*e-readers*, d'USB, etc. L'accés a la xarxa, limitat en aquell moment a un reduït nombre de punts habilitats, s'ha simplificat gràcies a l'accés via wi-fi, que permet la connexió a la xarxa des de qualsevol punt de l'edifici.

L'aposta tecnològica aplicada a l'aprenentatge ha permès posar en marxa serveis innovadors per donar suport a les competències transversals que formen part dels plans d'estudis.

Els reptes constants i l'horitzó de la millora contínua encoratgen a continuar cercant serveis de qualitat adreçats a la comunitat universitària del Campus de Terrassa.

A la Figura 2 s'observen dades d'interès d'aquests 20 anys de la BCT, de les quals es dedueix la importància de la Biblioteca del Campus de Terrassa dins el campus universitari.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		



Figura 2. Dades de la BCT de 1995 a 2015³



Figura 3. Localització de la Biblioteca del Campus de Terrassa⁴

³ISSUU.com. *Memòria anual BCT 2015* [en línia]. [Consultada: 17 juny 2016]. Recuperada de: issuu.com/upcbibliotecact/docs/informe_activitats_2015_digital_no.

⁴Google.es. *Maps* [en línia]. [Consultada: 17 juny 2016]. Recuperada de: [www.google.es/maps/place/Biblioteca+del+Campus+de+Terrassa+\(BCT\)+de+la+UPC/](http://www.google.es/maps/place/Biblioteca+del+Campus+de+Terrassa+(BCT)+de+la+UPC/).

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Per últim, és important introduir les principals dades de la biblioteca:

- Direcció: Plaça Campus, 1, 08222 Terrassa, Barcelona (Figura 3)
- Superfície sales (Figura 4)

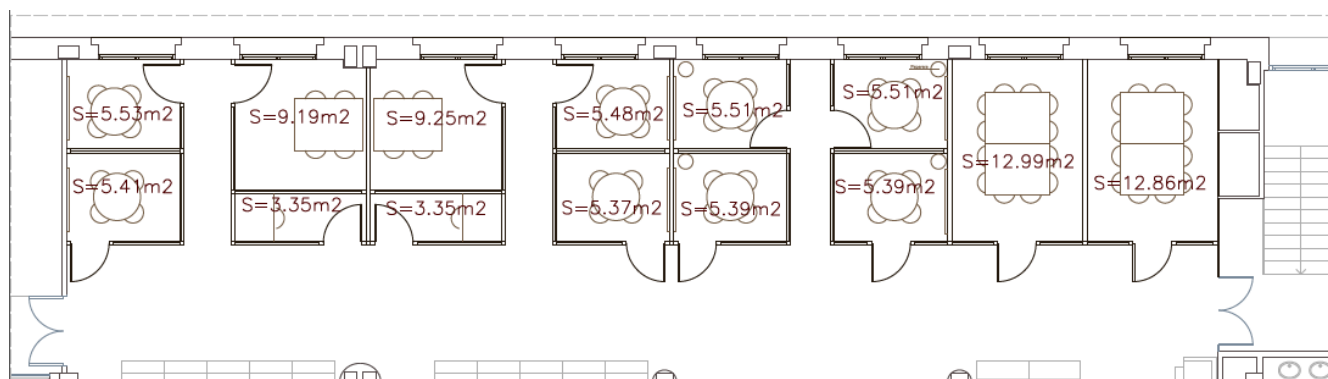


Figura 4. Superfície de les sales de treball⁵

⁵Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

6 Recull d'informació inicial

En aquest punt s'exposa informació respecte l'estat actual de les sales de treball en grup amb un anàlisi inicial de les aules, entrevista als afectats, estudi sonomètric i la seva regulació a partir de les diferents normatives, referències de diferents biblioteques i l'obtenció de material facilitat per la universitat.

6.1 Visita del lloc a estudiar

6.1.1 Anàlisi del local

S'ha analitzat l'estat de les aules actualment i s'ha observat que hi ha una sèrie d'aspectes acústics amb un gran marge de millora. El factor acústic no és l'únic factor a considerar, cosa que explica el fet, per exemple, que hi hagi envans de vidre (per a proporcionar il·luminació natural dins la biblioteca, estalviant cost energètic i afavorint l'ambient d'estudi a la biblioteca). Així doncs, aquest document es centra en l'anàlisi acústic, però considera factors externs a l'estrictament acústic.

6.1.1.1 Sostre



Figura 5. Estat actual del sostre⁶

⁶ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

En primer lloc, el fals sostre està format per plaques modulars de 60 x 60 cm metàl·liques perforades en la part visible, complementades amb un aïllant en la part superior (no visible). La resolució del fals sostre es deu a més d'un factor, no només l'acústic, el qual no s'ha considerat prioritari, el que es considera un problema, ja que en aquest tipus d'aules és imprescindible reduir el so si es vol aconseguir mantenir el silenci dins la biblioteca. Els elements metàl·lics no són adequats per a aïllar el soroll, és més, són grans reflectors del so, i tot i que els forats de la placa donin a l' aïllant, aquest no és suficient.

També s'ha observat que el sostre de totes les aules és continu, provocant un pont acústic entre sales. A més, les reixes de ventilació també foraden el fals sostre, afavorint encara més el pont acústic. Les llumeneres, possiblement per a no desentonar visualment amb les plaques modulars, també estan formades per materials reflectants, tenint en compte també necessiten foradar el sostre per a passar el cablejat elèctric, deteriorant encara més la funció de les plaques.

Alhora, s'ha observat que hi ha una xapa metàl·lica entre la façana i el fals sostre que agreuja més el problema.

6.1.1.2 Façana



Figura 6. Estat actual de la façana⁷

⁷ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

En segon lloc, s'ha analitzat la façana. Aquesta façana dona a un carrer principal amb un flux continu i dens de vehicles i persones, emetent una gran contaminació acústica. El principal pont acústic que es genera de la façana a les sales és a través de la finestra, ja que les obertures en façana sempre són els principals punts per on s'escapa l'energia. Per tant, és el punt de la façana que necessita una resolució més acurada. En el projecte inicial les fusteries emprades no són les més adequades per a fer la funció d'aïllant. S'observa que la finestra esta formada per una fusteria d'alumini lacat i que les juntes estan malmeses.

També s'observen canaletes de cablejat formades per una xapa metàl·lica, que, com ja s'ha comentat abans, ajuda a la reflexió del soroll.

6.1.1.3 Envans opacs



Figura 7. Estat actual dels envans opacs⁸

En tercer lloc, les aules estan separades per envans de taulers bilaminats, amb una cambra d'aire interior que es suposa buida. Es desconeix si hi ha aïllament dins l'envà però, tot i així, aquest seria insuficient per a realitzar la funció desitjada. Aquests taulers bilaminats estan formats per dues plaques de cartró guix amb un acabat llis, que no afavoreix l'absorció acústica.

⁸ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

A més a més, els envans estan foradats per a passar cables per dins, facilitant encara més que passi el so d'una aula a l'altra. Les juntes geomètriques són contínues, i al no generar recorreguts laberíntics, afavoreixen el pas del so a través d'ells.

6.1.1.4 Envans de vidre



Figura 8. Estat actual dels envans de vidre⁹

En quart lloc, les parets de vidre que separen les aules no aïllen acústicament. El fet que aquests envans siguin de vidre simple sense cap cambra d'aire té aspectes molt negatius en el factor acústic, però és veritat que permet una gran entrada de llum solar, la qual és molt bona tant per als estudiants (ja que aquesta és millor que la llum artificial) com per a la pròpia biblioteca (es gasta menys en llum).

Les fusteries són d'alumini i les juntes elàstiques estan desgastades. La porta no s'ajusta amb el paviment, amb una separació propera als 2 centímetres, generant un gran pont acústic, i la maneta d'alumini, al no tenir cap tipus d'amortidor, al tancar la porta, genera un gran soroll d'impacte.

⁹ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

6.1.1.5 Paviment i sòcols



Figura 9. Estat actual del paviment i dels sòcols¹⁰

En cinquè lloc, s'ha observat que el paviment esmorteix el so de forma correcta, evitant la transmissió del soroll de la planta superior a la inferior i a l'inrevés. Tot i així, els sòcols d'alumini estan malmesos i convindria revisar-los.

6.1.1.6 Mobiliari



Figura 10. Estat actual del mobiliari¹¹

¹⁰ Font pròpia

¹¹ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

En sisè i últim lloc, el mobiliari ha d'ajudar en l'absorció acústica, i el plàstic, l'alumini i la fusta contraxapada no realitzen aquesta funció de cap manera. A més, les gomes de les potes estan desgastades, i convindria revisar-les.

6.1.2 Entrevista a treballadors i estudiants de la biblioteca

6.1.2.1 Entrevista als treballadors

Els treballadors de la biblioteca han expressat el seu malestar amb el mal aïllament de les aules, ja que se sent soroll provinent de les aules des de fora, no permetent als estudiants concentrats a les taules estudiar en les condicions adequades. Els treballadors han de demanar contínuament als estudiants de dins les aules que disminueixin el volum de veu, tot i no ésser molt alt, i aquests es veuen obligats a parlar en un volum inferior a l'adequat. En conclusió, mostren el seu malestar perquè les aules no realitzen correctament la seva funció.

6.1.2.2 Entrevista als estudiants

Els estudiants de la biblioteca han expressat el seu malestar ja que quan són fora de les aules escolten els comentaris dels estudiants que hi són dins, impedint-los treballar o estudiar en les condicions normals. Alhora, els hi passa al revés quan hi són dins, ja que han de vigilar contínuament a no apujar el volum de veu, impedint treballar de forma correcta en grup (han de discutir, explicar i debatre a un nivell sonor inadequat). A més, dins d'una aula poden parlar sense gaire complicació amb els companys de l'aula contínua, la qual cosa es considera un gran problema.

6.1.3 Estudi sonomètric

Per a tenir unes xifres numèriques representatives del problema que es genera a les aules d'estudi de la biblioteca, s'han realitzat una sèrie de càlculs amb un sonòmetre per a poder demostrar la falta d'aïllament acústic de les sales.

S'han analitzat els quatre tipus d'aules de la biblioteca per separat. Aquests són:

- L'aula per a una persona
- L'aula per a 4 persones que contacta amb l'exterior de l'edifici (el carrer)
- L'aula per a quatre persones que contacta amb les taules que es troben a la planta superior de la biblioteca
- L'aula per a 8 persones

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Les següents dades s'han calculat en un període de 5 minuts cadascuna, on destaquen els valors mínims i màxims que s'han donat durant aquest període, i la mitjana de soroll que ha resultat. A més, per a cadascuna de les aules s'ha calculat el soroll quan hi ha estudiants a dins, sense estudiants ni dins ni fora de les aules, i sense estudiants dins però sí fora de les aules (a les aules veïnes).

Taula 1. Estudi sonomètric realitzat a les diferents aules¹²

		Mínim (dB)	Màxim (dB)	Mitjana (dB)
1 persona	Estudiants dins	21	82	45
	Sense estudiants	22	45	35
	Estudiants veïns	19	77	39
4 persones (carrer)	Estudiants dins	23	87	56
	Sense estudiants	22	46	37
	Estudiants veïns	26	86	46
4 persones (taules)	Estudiants dins	22	86	55
	Sense estudiants	22	47	37
	Estudiants veïns	25	82	45
8 persones	Estudiants dins	37	87	58
	Sense estudiants	27	77	44
	Estudiants veïns	23	86	50

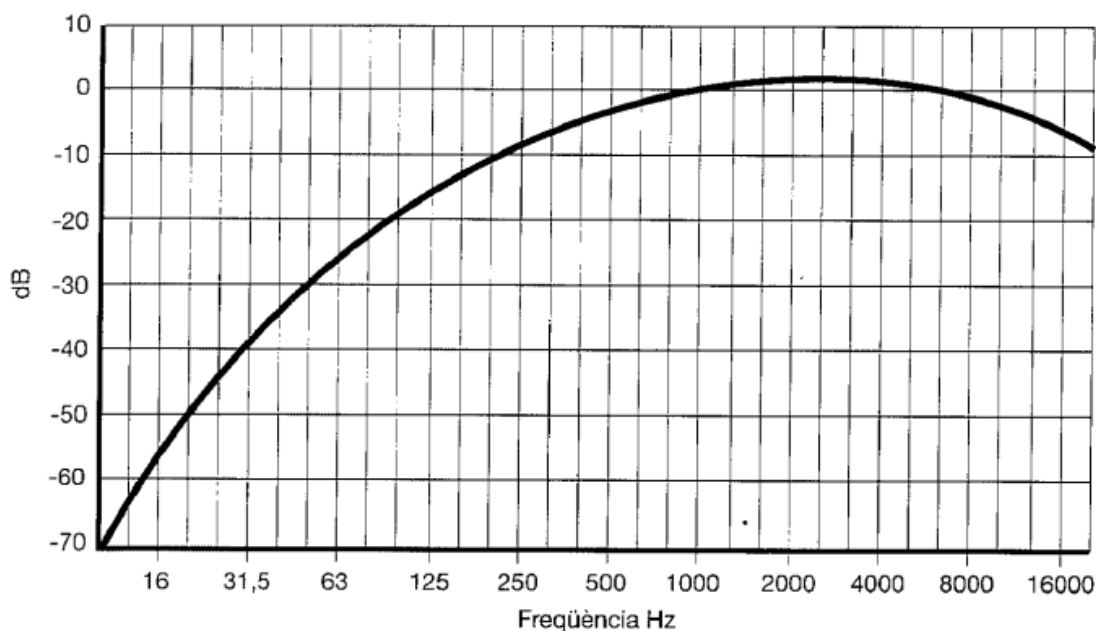
Per a comprendre aquests valors és necessari observar què diu la normativa al respecte. Hi ha diverses normatives que tracten l'assumpte en qüestió, com el Codi Tècnic de l'Edificació d'Espanya o el BOE. Després d'haver-se consultat les diferents normatives, s'ha entès que per a una obra pública com és la biblioteca, el soroll aeri no pot superar els 35 dBA. Aquest valor s'ha consultat posteriorment amb diversos professionals del sector, els quals han confirmat aquesta limitació.

Com que les unitats d'interès són els dBA i no els dB, seguidament s'observa un gràfic de la corba de ponderació A per a poder calcular-los:

¹² Font pròpia



Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT



Gràfica 1. Corba de ponderació A¹³

En aquesta corba s'observa que per a 1000 Hz els dB equivalen als dBA. En el cas d'estudi però, la freqüència es troba generalment al voltant dels 500 Hz (la referència sol ésser 520 Hz, molt pròxim als 500 Hz). A la taula mostrada a continuació s'observa el valor de l'atenuació. A partir d'ara, les files o columnes de color vermell intens indicaran el cas d'interès per a l'estudi.

Taula 2. Atenuació dels decibels en funció de la freqüència¹⁴

Centre de banda (Hz)	Atenuació corba A (dB)
31,5	-39,4
63	-26,2
125	-16,1
250	-8,6
500	-3,2
1000	0
2000	+1,2
4000	+1,0
8000	-1,1
16000	-6,6

¹³ Contaminació acústica – Tecnologia del Medi Ambient (GrETI). ESEIAAT, 2015. (pg.17)

¹⁴ Contaminació acústica – Tecnologia del Medi Ambient (GrETI). ESEIAAT, 2015. (pg.19)

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Per tant, als decibels calculats *in situ* se li han de restar 3,2 dB, per així tenir els valors en la escala dBA (decibel ponderat), ja que representa la atenuació en funció de la freqüència tal i com la capta l'oïda humana. En conseqüència, la taula queda de la següent manera:

Taula 3. Càlcul de dBA en les diverses aules¹⁵

		Mitjana (dB)	Mitjana (dBA)
1 persona	Estudiants dins	45	41,8
	Sense estudiants	35	31,8
	Estudiants veïns	39	35,8
4 persones (carrer)	Estudiants dins	56	52,8
	Sense estudiants	37	33,8
	Estudiants veïns	46	42,8
4 persones (taules)	Estudiants dins	55	51,8
	Sense estudiants	37	33,8
	Estudiants veïns	45	41,8
8 persones	Estudiants dins	58	54,8
	Sense estudiants	44	41,8
	Estudiants veïns	50	46,8

Segons el reglament, el valor no hauria de superar els 35 dBA, i clarament no ho compleix. Això implica la necessitat d'una millora d'absorció acústica per part de les aules per a complir els mínims exigits.

6.2 Cerca de referències

6.2.1 Biblioteca de la Universitat Autònoma de Barcelona

La Biblioteca de Ciències Socials de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) és una biblioteca amb unes condicions semblants a la Biblioteca del Campus de Terrassa. Aquesta disposa de taules de treball en grup en una de les plantes, tal i com s'observa en la Figura 11.

¹⁵ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		



Figura 11. Taules de treball en grup a la Biblioteca de la UAB¹⁶

A més, la biblioteca disposa de sales d'estudi, com s'observa al fons de la Figura 12. També té envans de vidre, els quals no aïllen de forma correcta i el soroll molesta els usuaris de fora les sales. Tot i així, la contaminació acústica és menor, ja que les sales són d'una major superfície que a la BCT.



Figura 12. Sales d'estudi i taules a la planta baixa de la Biblioteca de la UAB¹⁷

¹⁶ Font pròpia

¹⁷ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Les Figures 13 i 14 s'assemblen més a les sales ampliades el 2012 a la BCT, ja que no tenen envans completament de vidre (la part inferior és opaca). Els vidres s'aguanten amb fusteries de fusta, cosa que no passa a la BCT. A la BCT els vidres s'uneixen amb juntes elàstiques, el que provoca que sigui més fàcil que hi hagi moviments no desitjats entre ells i, per tant, les juntes s'obren i es generen buits per els quals passa el so.



Figura 13. Sales d'estudi en grup a la planta 1 de la Biblioteca de la UAB¹⁸



Figura 14. Unions entre la fusteria i els envans de vidre a la Biblioteca de la UAB¹⁹

¹⁸ Font pròpia

¹⁹ Font pròpia

<div><div><div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div></div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	<div>Data: 22-JUN-2016</div>
		<div>Estudis: GrETI</div>
		<div>Codi TFG: 556</div>
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		

6.2.2 Biblioteca Pública de Girona

La Biblioteca Pública de Girona és un edifici amb molt espai i molt ben distribuït. En la figura 15 es pot observar que les sales d'estudi tenen envans de vidre, però no hi ha problema perquè no hi ha taules d'estudi ni altres sales al voltant d'aquestes i, per tant, no es molesta a cap usuari que vulgui estudiar.



Figura 15. Sales d'estudi en grup de la Biblioteca Pública de Girona²⁰

En la figura 16 s'observa la sala d'ordinadors de la biblioteca, que té uns sostres molt alts. Això ajuda a la reducció del so. També s'observa a la planta superior a estudiants treballant a les taules. A l'estar situats a la part superior, si aquests parlen, no molestaran als qui treballen als ordinadors, ja que les ones sonores són longitudinals i rebotaran en la superfície propera al sostre, provocant una gran reducció del so a l'arribar als usuaris.

Per últim, en la figura 17 s'observa que la biblioteca té dues plantes i que hi ha un espai considerable entre les taules. També s'observa que el sostre és alt, i això ajuda a la reducció del soroll.

²⁰ PlataformaArquitectura.cl. *Biblioteca Pública de Girona* [en línia]. [Consultada: 16 abril 2016]. Recuperada de: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/760295/biblioteca-publica-en-girona-corea-and-moran-arquitectura>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

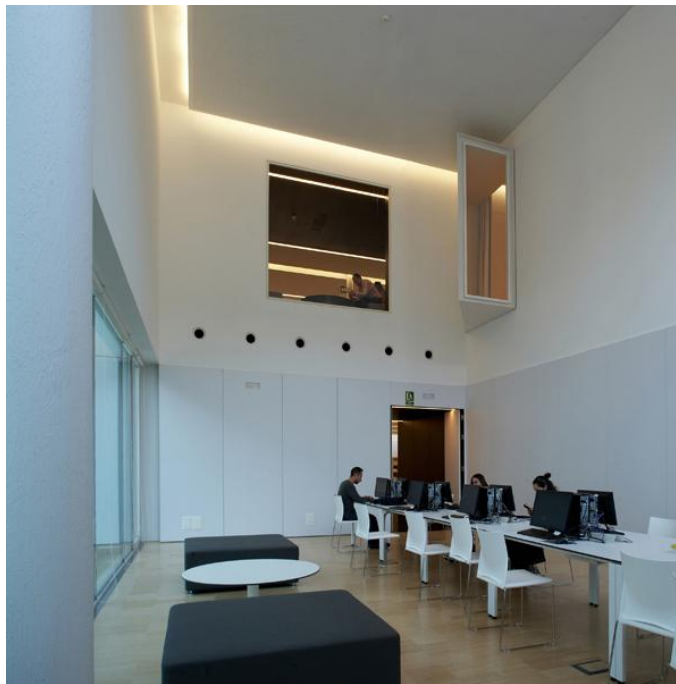


Figura 16. Sala d'ordinadors de la Biblioteca Pública de Girona²¹



Figura 17. Taules d'estudi de la Biblioteca Pública de Girona²²

²¹ PlataformaArquitectura.cl. *Biblioteca Pública de Girona* [en línia]. [Consultada: 16 abril 2016]. Recuperada de: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/760295/biblioteca-publica-en-girona-corea-and-moran-arquitectura>.

²² PlataformaArquitectura.cl. *Biblioteca Pública de Girona* [en línia]. [Consultada: 16 abril 2016]. Recuperada de: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/760295/biblioteca-publica-en-girona-corea-and-moran-arquitectura>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

6.3 Obtenció d'informació específica

6.3.1 Obtenció dels plànols generals

Els plànols generals facilitats per la universitat han estat els següents:

- Els plànols mostrats en les Figures 18, 19, 20 i 21 són plànols corresponents a l'any de construcció de l'edifici, és a dir, a l'any 1994. Aquests plànols han estat d'ajuda per a saber l'estructura de les sales, tot i que hi ha materials que han canviat amb el pas dels anys i que, per tant, no s'adeqüen amb els actuals.
- Els plànols mostrats en les Figures 22, 23 i 24 són plànols actuals de les diferents plantes de l'edifici. És a dir, corresponen a la planta baixa, planta 1 i planta 2. Aquest estudi però es centra només en les aules de la planta 2, que és la planta superior.

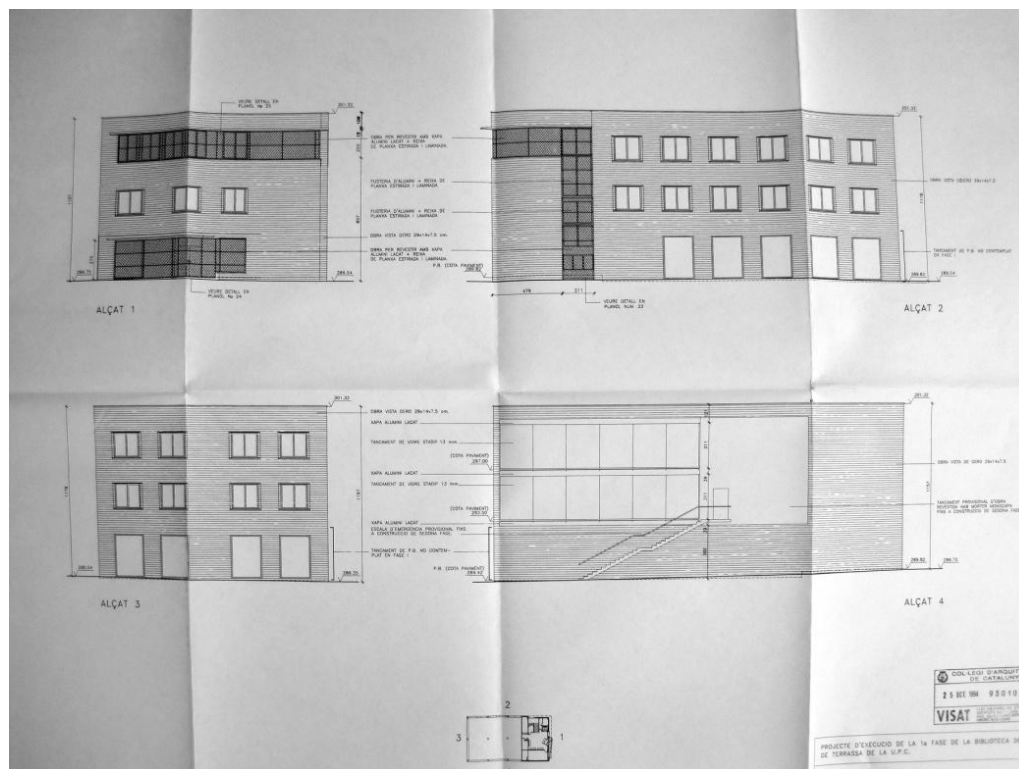


Figura 18. Alçats de les quatre façanes²³

²³ Plànols de la Biblioteca del Campus de Terrassa. UPC, 1994.



Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

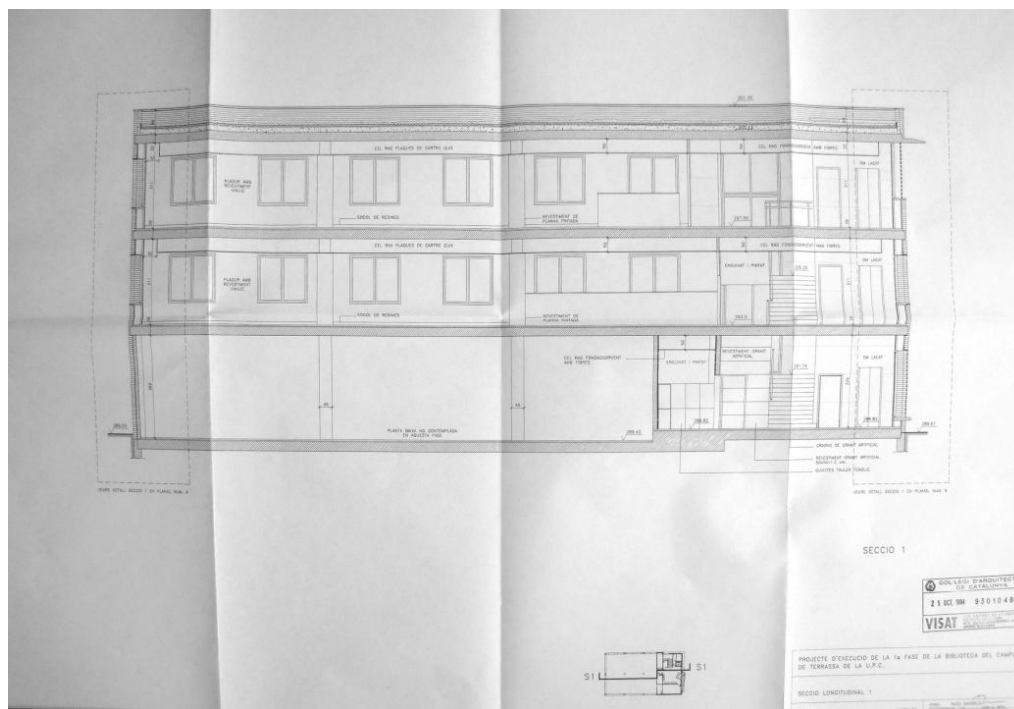


Figura 19. Secció longitudinal pel centre de l'edifici²⁴

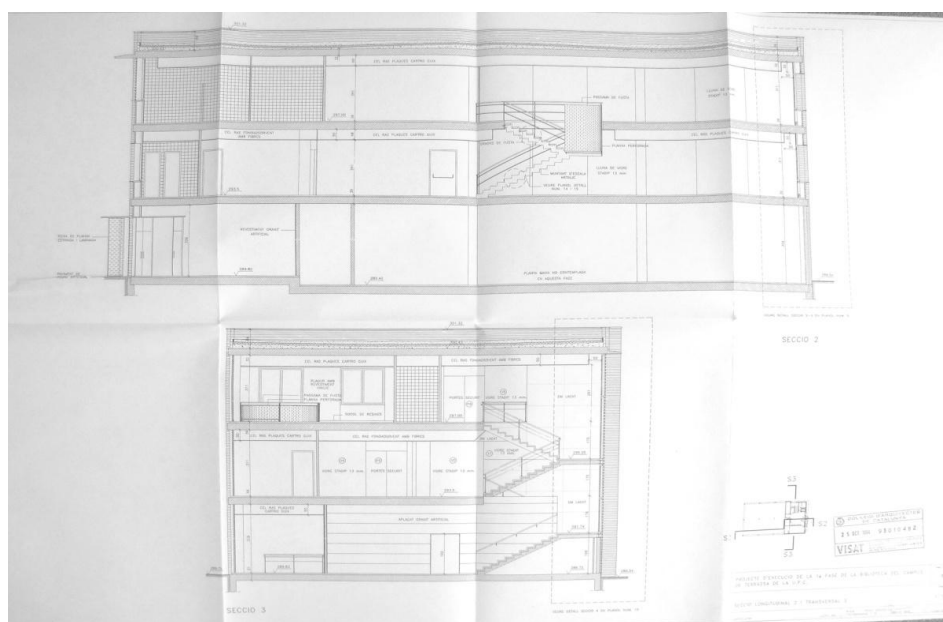


Figura 20. Seccions verticals longitudinal i transversal realitzades per l'escala²⁵

²⁴ Plànols de la Biblioteca del Campus de Terrassa. UPC, 1994.

²⁵ Plànols de la Biblioteca del Campus de Terrassa. UPC, 1994.

Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

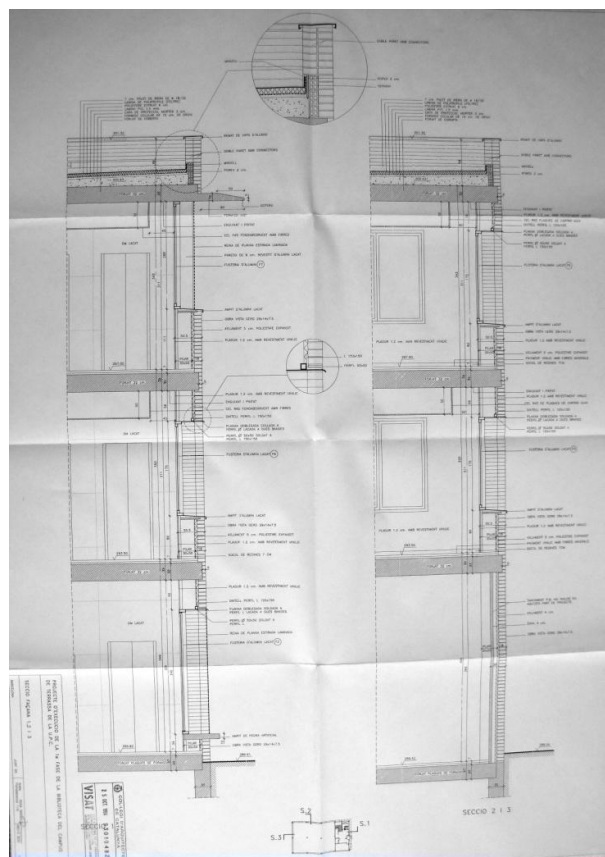
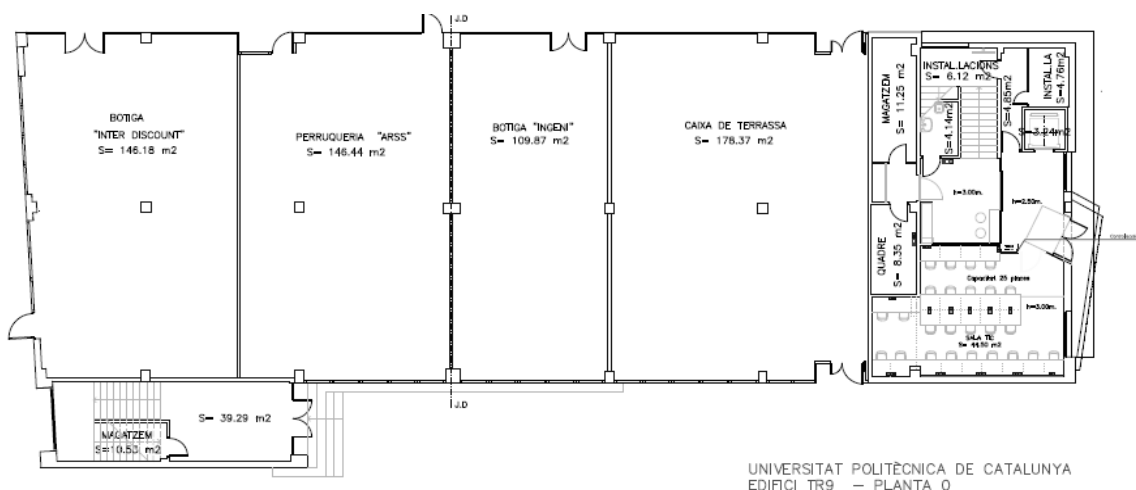


Figura 21. Seccions de detall²⁶



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
EDIFICI TR9 — PLANTA 0

Figura 22. Vista actual de la planta baixa²⁷

²⁶ Plànols de la Biblioteca del Campus de Terrassa. UPC, 1994.

²⁷ Plànols tres plantes. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

 <div><p>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</p><p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</p><p>Secció Terrassa</p></div>	<p>Millora Sales BCT</p>	<p>Data: 22-JUN-2016</p>
		<p>Estudis: GrETI</p>
		<p>Codi TFG: 556</p>
<p>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</p>		

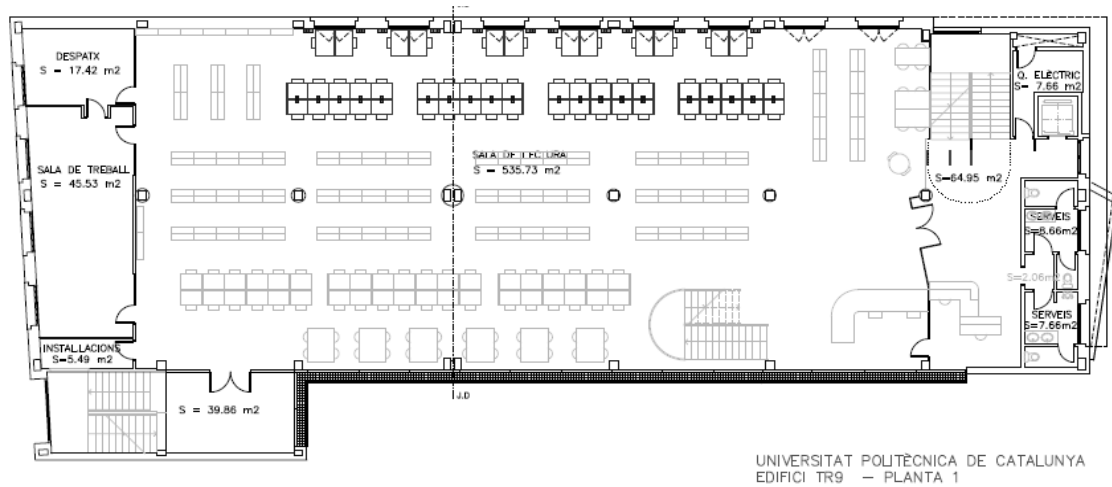


Figura 23. Vista actual de la planta 1²⁸

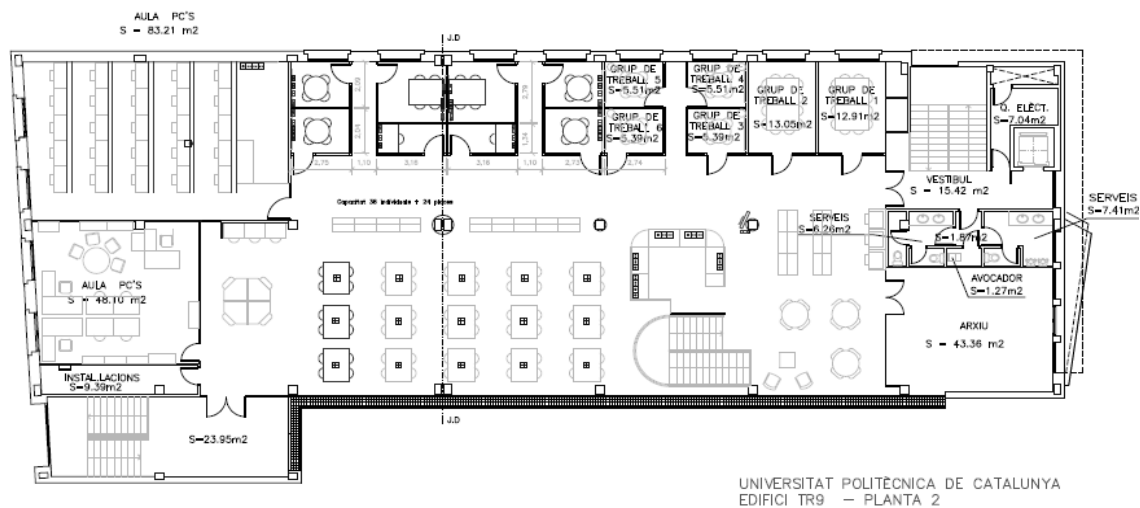


Figura 24. Vista actual de la planta 2²⁹

²⁸ Plànols tres plantes. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

²⁹ Plànols tres plantes. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

6.3.2 Obtenció de la llista de materials

Primer de tot, la universitat ha facilitat l'alçada lliure entre forjats:

Taula 4. Alçada lliure actual entre forjats³⁰

Alçada lliure entre forjats	
PB (Vestíbul)	3,36 m
PB (Loc. Comercials)	3,76 m
P1	3,18 m
P2	3,18 m

El llistat de materials emprats en els envans de les sales d'estudi és el següent:

Referència	Descripció	Unitats
	CAMPUS DE TERRASSA C/ Colom 2	
	EDIFICI CAMPUS BIBLIOTECA TR9 PLANTA 2	
SYSTEM5	ENVANS ALUMINI SISTEMA CLIPAT, PERFIL D'ALUMINI OCULT, ENVÀ DE 85 MM. DOBLE CONGLOMERAT DE 16 MM.AMB REVESTIMENT BILAMINAT, AÏLLAMENT FIBRA DE VIDRE. Envà de mides 4.305x2.600 tot opac tauler bilaminat. Forro paret de 1.000x2.760 fondo passadis, tot opac tauler bilaminat Envà de mides 2.620x2.600 tot vidre butil 5+5 transparent, una porta de vidur de 825 amb maneta cromada. Envà de mides 2.620x2.600 tot vidre butil 5+5 transparent. Envà de mides 2.710x2.600 tot vidre butil 5+5 transparent, una porta de vidur de 825 amb maneta cromada. Envà de mides 2.710x2.600 tot vidre butil 5+5 transparent. Envà de mides 4.305x2.600 tot vidre butil 5+5 transparent, una porta de vidur de 825 amb maneta cromada. Envà de mides 4.305x2.600 tot vidre butil 5+5 transparent, una porta de vidur de 825 amb maneta cromada.	

Figura 25. Llistat de materials facilitat per la UPC³¹

A més, també ha facilitat la següent descripció dels tipus de tancaments:

³⁰ Cálculos y Superficies TR9. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

³¹ Sales de Treball TR9. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 5. Tancaments verticals exteriors actuals³²

Tancaments verticals exteriors	
L	Tancament de maó ceràmic perforat de 15 cm d'espessor, 5 cm de poliestirè expandit i tancament interior format per envans de Pladur de 1,3 cm, amb acabat vinílic
L-CA	Tancament de maó ceràmic perforat de 15 cm d'espessor, 5 cm de poliestirè expandit, càmera d'aire de 30 cm i tancament interior format per envans de Pladur de 1,3 cm amb acabat vinílic
L-PP	Tancament de maó ceràmic perforat de 15 cm d'espessor, 5 cm de poliestirè expandit, pilar de formigó armat de 40 cm i tancament interior format per envans de Pladur de 1,3 cm, amb acabat vinílic
L-P	Tancament de maó ceràmic perforat de 15 cm d'espessor, 5 cm de poliestirè expandit, pilar de formigó armat
L-C	Tancament de doble filera de maó perforat i remat de planxa metàl·lica
L-J	Brancals formades per una filera de maó perforat
F-C	Revestiment ceràmic del canto de forjat
F-M	Revestiment del canto de forjat mitjançant una planxa d'alumini
P	Pilar de formigó armat protegit per una planxa d'alumini lacat

Taula 6. Buits actuals³³

Buits	
V	Fusteria d'alumini lacat amb doble vidre (6+4+6)
C	Vidre de seguretat Stadip, com a protecció solar mitjançant làmines d'alumini
R	Fusteria d'alumini lacat amb doble vidre (6+4+6) i reixa de planxa metàl·lica estirada

Taula 7. Tancaments horitzontals actuals³⁴

Tancaments horitzontals	
FS	Forjat sanitari d'espessor 25+4 de biguetes de formigó pretesat i cassetons de formigó amb xapa de compressió amb malla electrosoldada i paviment de granit artificial
F	Forjat reticular de formigó armat d'espessor 25+4 amb cassetons de formigó armat, xapa de formigó amb malla electrosoldada i paviment vinílic amb fibres minerals.
C	Coberta plana no transitable formada per forjat reticular de H.A., formigó cel·lular per a formació de pendents, capa de 3 cm de morter, làmina de PVC, 6 cm de poliestirè extruït, làmina de polipropilè i 7 cm de canto rodad.

³² Cálculos y Superficies TR9. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

³³ Cálculos y Superficies TR9. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

³⁴ Cálculos y Superficies TR9. Biblioteca del Campus de Terrassa, 2012.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Per col·laborar amb el medi ambient, s'han estudiat diferents tipus de materials aïllants sostenibles eficients per a les aules. Aquests materials s'empraran en els casos en els quals es necessiti una addició d'absorbent acústic.

Seguidament s'observen les diferents propietats dels materials sostenibles més destacats:

Taula 8. Llistat de materials sostenibles amb les seves principals característiques³⁵

	Matèria primera	Format	Residu	Eco-dades	Espessor (mm)	Densitat (kg/m³)	Energia incorporada als materials (MJ/kg²)	Cost (€/m²)
Fibra de fusta	Fusta	Panell	Separació selectiva	Biodegradable i reciclat	6-240	25-260	5-25	<40
Suro	Arbre de suro / Altres	Panell / Rotllo	Separació mínima. S'utilitza per fer biomassa	Biodegradable	2-10	120-250	1-25	<25
Fibra de canem	Cànem	Panell	Separació selectiva	Reciclat i biodegradable	30 – 220	30-45	1-40	<25
Bales de palla	Palla	Bala	Separació selectiva	Biodegradable	350-450	100	-	<4 / Bala <12 €/m ²
Cel·lulosa	Paper - Cartró / Paper reciclat de diari	Panell / Rotllo / Projectat / a granel	Separació mínima	Reciclat	-	28-40	1-25	<25
Fibra de lli	Lli	Panell / Rotllo / Projectat	Separació mínima	Reciclable	45-100	40-50	25-40	<25
Fibra de coco	Fibra de la corteja del coco	Panell / Rotllo	Separació selectiva	Biodegradable	-	70-110	1-10	<40
Cotó	Cotó	Rotllo	Separació selectiva	Biodegradable	-	25-40 solapada / 20-60 en manta	40-50	<10

³⁵ BeyondSustainable.com. *Cuadro comparativo de aislamientos térmicos vegetales* [en línia]. [Consultada: 10 abril 2016]. Recuperada de: <www.beyondsustainablearchitecture.files.wordpress.com/2013/08/cuadro-comparativo-de-aislamiento-termico-vegetales.jpg>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		

7 Projecte de diferents propostes

En aquest punt es plantegen diferents propostes i es decideix quines es consideren les més viables a partir de taules de decisió.

7.1 Plantejament de diferents propostes

En aquest apartat es proposen les diferents opcions plantejades en cadascun dels elements tractats anteriorment, en els quals s'exposa també el problema que es pretén solucionar amb cadascuna de les millores.

7.1.1 Sostre

El sostre actual pot millorar-se de diferents formes, les quals seran analitzades a continuació.

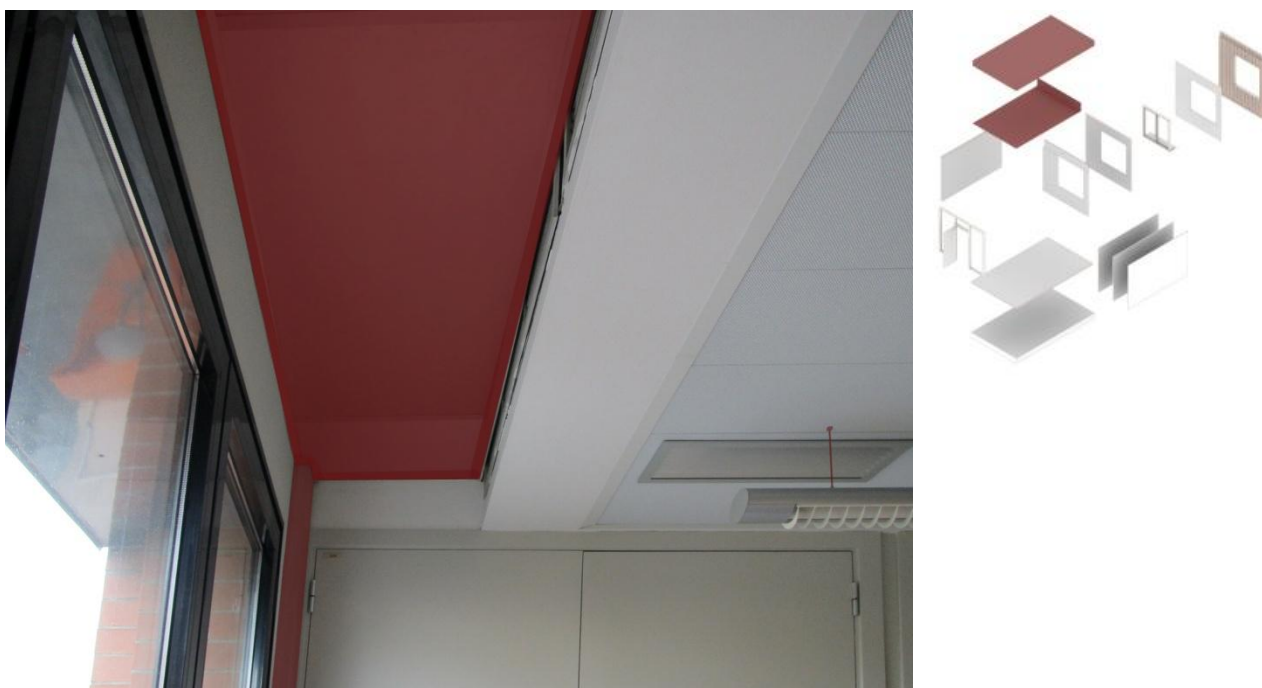


Figura 26. Proposta de canviar la xapa / folrar la xapa del sostre³⁶

La primera opció és treure la xapa metàl·lica, ja que el metall provoca que reboti el so, cosa que no interessa perquè no redueix els decibels. Aquesta xapa podria canviar-se per un altre material

³⁶ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

aïllant molt més absorbent, el qual ajudaria a reduir la contaminació acústica. Dos bons exemples d'aïllants per a aquesta aplicació són el suro i la fibra de fusta.

Com a segona opció es proposa folrar la xapa metàl·lica amb un bon aïllant acústic, com podria ser el cautxú o la fibra de fusta, per així absorbir amb el nou aïllant.

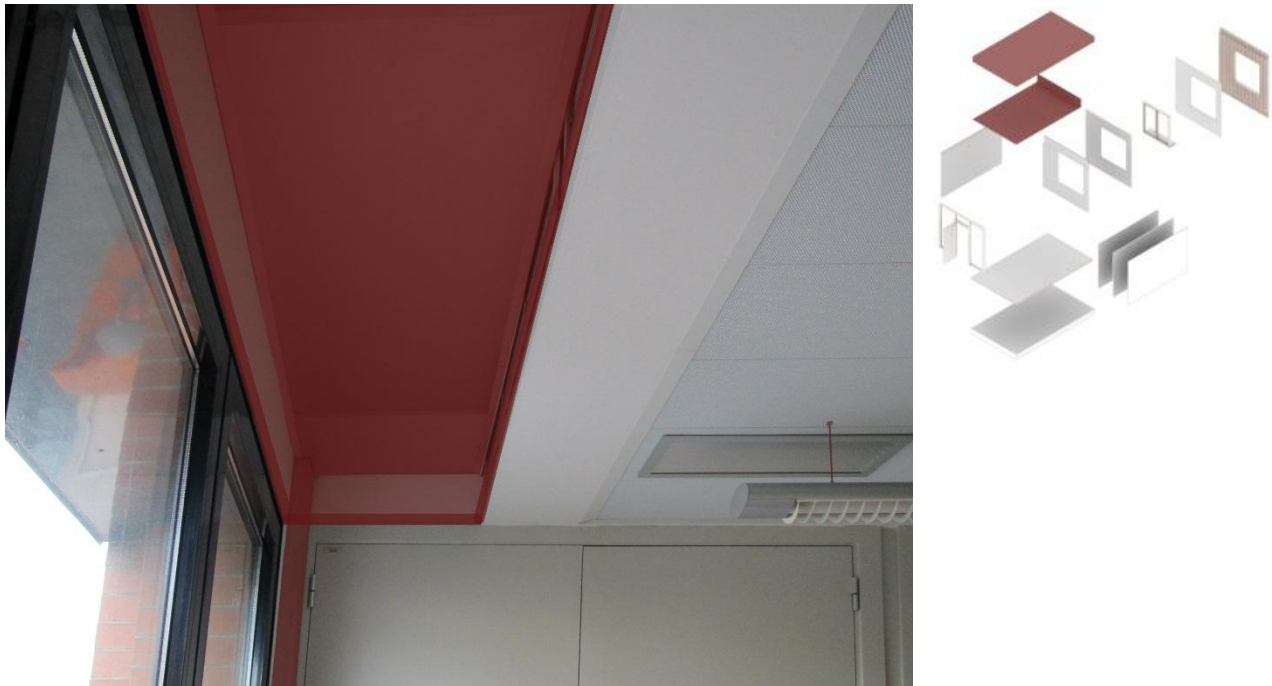


Figura 27. Proposta de tapar la reculada de forma horitzontal³⁷

Com a tercera opció, es podria tapar la reculada que es forma entre la façana i el sostre amb un material aïllant. Aquesta reculada (buit) no ajuda a absorbir el so, així que interessa afegir aïllament per a reduir la reverberació, i els materials comentats en les altres dues opcions també serien unes bones alternatives.

En la Figura 27 s'indica de color vermell la ubicació de l'aïllant acústic que es podria afegir, tapant la reculada de forma horitzontal. Aquesta proposta és estèticament atractiva, però té el problema que també tapa la ventilació ubicada de forma vertical al sostre, inconvenient que redueix les possibilitats de portar a terme aquesta proposta.

En la Figura 28, per a evitar el problema esmentat, es presenta la mateixa proposta però tapant la reculada de forma diagonal. Això implica tapar la reculada parcialment enlloc de totalment i, per

³⁷ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

tant, una menor reducció de la reverberació. Tot i així, la proposta és eficient, però trenca amb l'estètica de l'aula i, tal i com s'ha dit a l'inici del punt 6.1.1. *Anàlisi del local*, encara que aquest document es centra en la millora de l'aïllament acústic de les aules, es consideren també factors externs com són la lluminositat o, en aquest cas, l'estètica de la Biblioteca del Campus de Terrassa.

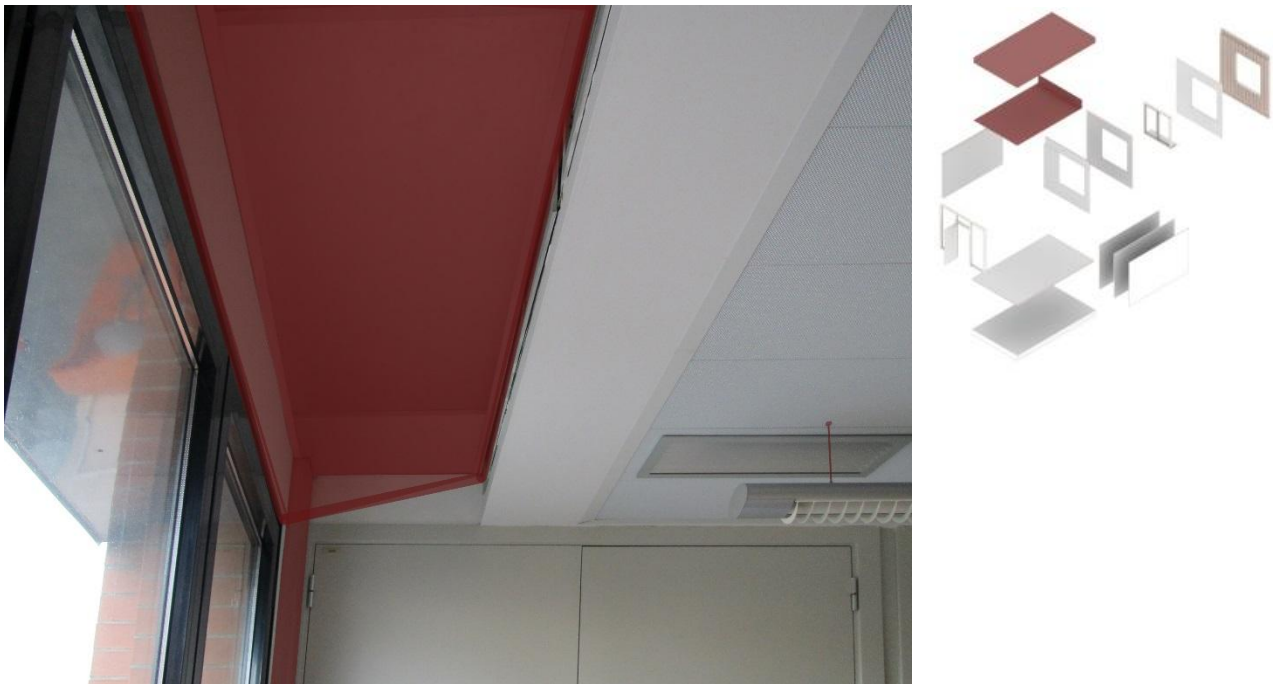


Figura 28. Proposta de tapar la reculada de forma diagonal³⁸

Per altra banda, les plaques metàl·liques perforades sostenen a sobre un aïllant, el qual podria millorar-se amb un nou aïllant més eficient i sostenible, tot i que l'aïllant actual ja exerceix de forma correcta la seva funció.

7.1.2 Façana

La façana actual és adequada per a l'estudi que estem fent, ja que aïlla de forma correcta de l'exterior. Tot i així, les obertures generades per la finestra redueixen la seva eficiència i és necessari fer una millora.

Com a primera proposta, es pot passar d'una finestra de doble vidre a una finestra de triple vidre al buit, el qual no deixa passar el so. Això significa una major eficiència a l'hora de reduir el soroll provinent de l'exterior.

³⁸ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

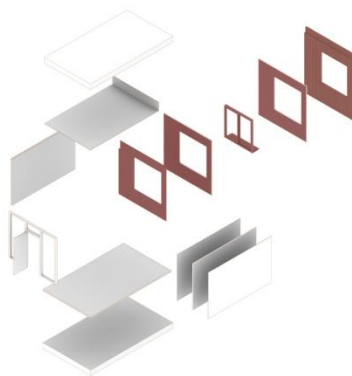


Figura 29. Proposta de segellar la fusteria³⁹

Una segona opció és segellar la fusteria, reduint el pas del soroll pel forat generat per aquesta.

Com a última opció es suggereix el canvi de finestra, el qual pot ser interessant ja que, alhora que es pot afegir un triple vidre, es pot millorar la hermètica de la fusteria a partir de la creació de moltes discontinuïtats, augmentant la dificultat del so a passar a l'altra banda, ja sigui de l'interior a l'exterior com a l'inrevés.

7.1.3 Envans opacs

Els envans opacs no aïllen de les aules veïnes i, per tant, se sent tot el que passa a les aules del costat. Hi ha diferents propostes per a millorar l'acústica, escrites tot seguit.

Com a primera proposta, es pot introduir aïllant dins els envans, entre els dos taulers bilaminats, realitzant la obra *in situ*. Una bona opció és emprar cel·lulosa injectada, ja que aquesta no embruta i no exigeix una gran precisió.

³⁹ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

Una segona opció és canviar els envans per uns de prefabricats, els qual són molt millors que els realitzats *in situ*, ja que han estat elaborats en les condicions ideals. Tot i així, en general es realitzen prefabricats que contenen materials no sostenibles, com son la llana de vidre, de roca, o poliestirè expandit, cosa que no interessa per a un projecte sostenible com aquest.

La tercera proposta és recobrir els envans amb materials sostenibles com cautxú, suro o d'altres materials aïllants per a millorar l'absorció acústica. Aquesta modificació suposaria una posa mà d'obra, baixa generació de residus i ràpida execució de l'obra.

7.1.4 Envans de vidre

Els vidre és un mal aïllant acústic, i al ésser simples, són gairebé inefectius en termes d'aïllament acústic. Hi ha diferents possibilitats de millora, descrites a continuació.

Com a primera opció, es pot canviar de vidre simple a doble o triple vidre.

Com a segona opció es planteja canviar les fusteries, ja sigui per a unes més aïllants com folrant-les.

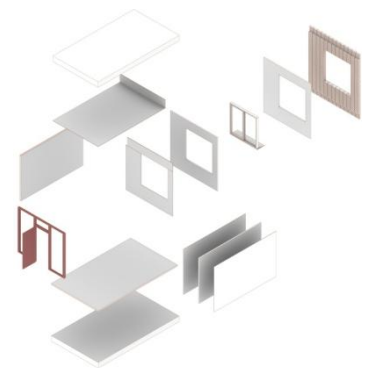


Figura 30. Espai entre l'envà de vidre i el paviment⁴⁰

⁴⁰ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

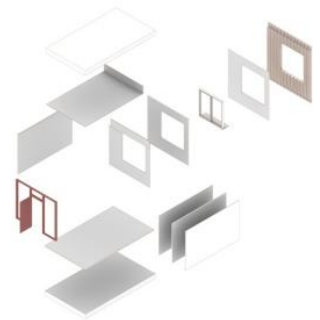


Figura 31. Altres imatges en les quals es necessita resoldre els trobaments⁴¹

Es proposa com a tercera opció resoldre els trobaments per evitar que el soroll s'escapi pels forats. Un bon exemple seria millorar o canviar les juntes actuals.

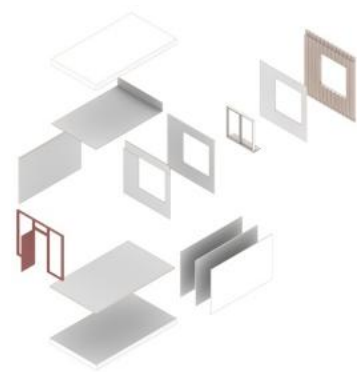


Figura 32. Maneta metàl·lica actual de les portes⁴²

⁴¹ Font pròpia

⁴² Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

A més a més, seria un bon punt canviar les manetes de les portes per unes de més absorbents, o simplement recobrir-les amb aïllant.

7.1.5 Paviment i sòcols

El paviment aïlla de forma correcta de la planta inferior, i per tant es considera que la millor opció és deixar-lo tal com està en l'actualitat.



Figura 33. Proposta per resoldre els sòcols metàl·lics malmesos⁴³

Respecte els sòcols, aquests estan desgastats o trencats, i és necessari o bé reparar-los, canviar-los o recobrir-los.

7.1.6 Mobiliari

El mobiliari actual és de materials reflectors del so amb una altra densitat, els quals lògicament no són bons aïllants, i hi ha diverses propostes per a millorar la seva eficiència.

⁴³ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		



Figura 34. Propostes de folrar i afegir tacs al mobiliari⁴⁴

Una opció és folrar tot el mobiliari amb material aïllant.

Com a segona opció se'n pot comprar de nou, que sigui d'un material absorbent, preferiblement porós.

Com a tercera proposta, es poden canviar tacs de goma sota les taules i cadires per a reduir la contaminació acústica per impacte.

Per últim, es poden ficar plantes en zones estratègiques a cadascuna de les aules, ja que la terra ajuda en l'aïllament tant acústic com tèrmic (per temes d'humitat), i també és agradable a la vista (millora el factor estètic).

7.2 Viabilitat de les propostes

7.2.1 Viabilitat dels diferents factors de decisió

En aquest apartat s'observarà la viabilitat de les diferents propostes a partir dels factors que s'han considerat més importants per a l'estudi en qüestió. Aquests són l'absorció acústica de cadascuna de les propostes, l'exigència econòmica que impliquen les diverses propostes, l'impacte

⁴⁴ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

mediambiental de portar a terme cada proposta, el temps d'execució que comporta realitzar-les, el manteniment que suposa cadascuna de les opcions i la durabilitat de cadascuna d'aquestes.

També es tindran en compte factors externs, com poden ser la lluminositat o l'estètica, tot i que ja s'ha tingut en compte a l'hora de realitzar les propostes anteriorment.

7.2.1.1 Sostre

Per al cas del sostre s'han analitzat tres propostes: canviar la xapa per un material més absorbent, tapar la reculada o folrar la xapa metàl·lica.

Lògicament, canviar completament la xapa metàl·lica pot produir una gran absorció del so, però el preu relatiu a aquesta disminució és més gran que en els altres dos casos, els quals exigeixen un cost menor per al resultat que atorguen. Per tant, la primera opció ofereix una bona reducció de soroll, però exigeix un preu elevat. Respecte al tema mediambiental, cap de les diferents propostes genera un impacte notable i, per tant, no és un factor determinant en la presa de decisió final. El temps d'execució tampoc és determinant, ja que el canvi a realitzar és senzill de resoldre. La única opció que podria suposar un problema és la de tapar la reculada de forma horitzontal, ja que s'hauria de resoldre el problema de la ventilació. Cap de les opcions suggerides necessiten manteniment, i la durabilitat depèn del material i no de la proposta escollida. Per tant, aquests dos factors no afecten en la decisió de la proposta final per al sostre.

7.2.1.2 Façana

Les propostes de millora de la façana han estat les de triple vidre, canvi de finestra i segellar correctament la fusteria.

Clarament el triple vidre i el canvi de finestra són dues opcions molt interessants, les quals poden ajudar a la reducció del so. Tot i així, la façana ja està ben aïllada acústicament, i no és necessari un esforç econòmic tan gran per al resultat que ofereix. En canvi, el fet de segellar pot optimitzar l'absorció acústica amb un cost molt baix. L'impacte ambiental de segellar la fusteria correctament és molt baix, tot i tenir en compte la menor durabilitat i el major manteniment necessari per a portar a terme aquesta opció. En el cas del triple vidre i el canvi de finestra, aquests comporten un major impacte ambiental, però són de llarga durada i no necessiten manteniment. El temps d'execució, que afecta indirectament al cost, no és cap problema en el cas de segellar la fusteria, però sí que ho és per a les altres dues opcions, que

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		

pot implicar no poder utilitzar part de la biblioteca durant la seva instal·lació. Els factors externs comentats anteriorment s'han considerat en totes les propostes anteriorment i, per tant, no influeixen en el criteri final.

7.2.1.3 Envans opacs

Els envans opacs tenen diferents possibles solucions: afegir aïllament tèrmic, canviar envans per a prefabricats o cobrir-los amb materials absorbents, com serien el cas del cautxú o del suro.

La opció que ofereix una millor absorció acústica és la dels envans prefabricats, però el seu cost és molt elevat i no és necessari un aïllament acústic tan bo. Les dues opcions econòmicament factibles són les d'afegir aïllament tèrmic i cobrir els envans amb materials absorbents. Aquestes són complementàries, el que implica que es poden realitzar les dues sense problema i, tenint en compte que els envans opacs són les parts estructurals en les que es pot millorar de forma més senzilla l'aïllament acústic, aplicar les dues propostes alhora és una opció a valorar. L'absorció acústica en tots dos casos és molt elevada, i la relació qualitat-preu respecte als envans prefabricats és molt més alta. L'impacte ambiental i el temps d'execució dels envans prefabricats també són un problema, mentre que els altres dos casos generen menys complicacions. Tot i així, afegir aïllament tèrmic entre els taulells bilaminats requereix més temps que el recobriment. En canvi, el manteniment del recobriment és major i té una menor durabilitat, ja que el fet de ser superficial pot ser perjudicial de cara a que els alumnes el poden malmetre. El factor estètic afecta principalment al cas del recobriment, però la diversitat d'opcions que s'ofereixen actualment al mercat provoca que no sigui un problema.

7.2.1.4 Envans de vidre

Les possibilitats plantejades per als envans de vidre són les de canviar els vidres simples per dobles o triples vidres, canviar les fusteries i resoldre els trobaments.

En l'àmbit estrictament econòmic, el canvi de vidres és impensable, ja que el preu seria excessiu. El canvi de fusteria també és molt elevat, i per tant la opció més òptima és la de resoldre els trobaments tant a dalt com a baix dels envans per a que no s'escapi el so a partir d'un canvi de juntes. En el tema d'absorció acústica, el canvi de vidre és la solució més adequada, seguit pel canvi de fusteries. El fet de resoldre millora la situació actual, però no és tan efectiu com els altres dos casos. Tot i així, fent la relació qualitat-preu, aquesta última és la més òptima. A més, el seu impacte ambiental i temps d'execució són molt més reduïts que en

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		

els casos de canvi de vidre o fusteria. Els factors de manteniment i durabilitat però són pitjors perquè és més senzill malmetre els trobaments. Els factors externs no influeixen en cap dels casos ja que, igual que en el cas de la façana, la varietat trobada en el mercat no suposa un problema per a cap de les opcions.

7.2.1.5 Paviment i sòcols

Com s'ha comentat en el punt 7.1.5 *Paviment i sòcols*, el paviment és l'adequat i no necessita ésser canviat. Tot i així, és necessari revisar els sòcols, i es tindria l'opció de segellar-los de nou o canviar-los.

En cas de canviar el sòcol, es substituiria el material metàl·lic per un que no produís un gran soroll d'impacte, però la solució més econòmica és la de segellar de nou, i per la poca absorció que produirien amb el canvi de sòcols, surt més a compte no comprar-ne de nous si no és estrictament necessari. Per tant, la millor relació qualitat-preu la ofereix la proposta de reparar els sòcols en cas que estiguin en estat defectuós. A més, també hi ha l'opció de recobrir aquest material per a reduir el soroll però, tot i ser una proposta barata, l'alt manteniment que suposa a causa de la facilitat que sigui malmès pels alumnes (donant cops amb les sabates) fa que la proposta no sigui d'interès. En canvi, el manteniment de les altres dues opcions és reduït, i en tots els casos també ho és el temps d'execució. Com s'acaba de dir, la durabilitat del recobriment és molt baixa, mentre que en els altres dos casos és elevada (dependrà del material que s'utilitzi en el cas que es vulgui fer el canvi de material). Cap de les solucions comporta un problema cap al medi ambient, i el factor estètic tampoc és determinant.

7.2.1.6 Mobiliari

El mobiliari contempla les diferents propostes: folrar-lo, canviar-lo per un material més absorbent, canviar les gomes de les potes i afegir plantes.

El fet de folrar-lo comporta un alt manteniment per culpa de la facilitat de malmetre el material per part dels alumnes, ja sigui per desgast o per un fet puntual i, per tant, a la llarga surt car (molt baixa durabilitat). Canviar-lo per un material més absorbent és la possibilitat que ofereix una major reducció de la contaminació acústica, però és una inversió molt gran. En canvi, canviar els tacs de goma es relativament barat, i afegir plantes tampoc exigeix cap gran inversió. En tots els casos la durabilitat és reduïda i, per tant, és necessari un major manteniment. El temps d'execució és molt reduït per a totes les propostes, així que no és un

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

factor determinant. El tema estètic en aquest cas tampoc comporta cap problema per a cap dels casos, i en el cas d'afegir plantes, l'afavoreix.

7.2.2 Presa de decisió

Després d'haver analitzat les diferents propostes, tant en termes d'absorció del so com del seu cost, es realitzen unes taules comparatives per a ajudar a escollir quina és la millor decisió per a cada una de les diferents parts de l'estructura. Tot i així, la proposta escollida no és la que suma una menor puntuació, ja que hi ha factors més influents que d'altres. Per tant, la valoració no es realitzarà només a partir de les taules, sinó que també es tindrà en compte el que s'ha comentat fins a arribar en aquest punt. És a dir, les taules serviran com a eina per facilitar la presa de decisió final.

En primer lloc, es realitzarà una valoració de les diferents propostes per al sostre:

Taula 9. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives al sostre⁴⁵

Sostre			
	Canviar xapa	Folrar xapa	Tapar reculada
Absorció acústica	1	3	2
Preu	3	1	2
Impacte mediambiental	3	1	2
Temps d'execució	3	1	2
Manteniment	-	-	-
Durabilitat	-	-	-
Estètica	1	1	3

Ponderació de 1 (valoració més positiva) a 3(valoració menys positiva)

A partir de les valoracions observades a la taula i els comentaris realitzats en l'apartat 7.2.1.1 *Sostre*, es considera que la millor opció per a reduir la contaminació acústica per al cas del sostre tenint en compte la situació actual de la Biblioteca del Campus de Terrassa és la de folrar la xapa metàl·lica, ja que és la que té una major qualitat preu i un menor impacte ambiental.

⁴⁵ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

En segon lloc, es realitzarà una valoració de les diferents propostes per a la façana:

Taula 10. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives a la façana⁴⁶

Façana			
	Triple vidre	Segellar fusteries	Canviar finestra
Absorció acústica	2	3	1
Preu	2	1	3
Impacte mediambiental	2	1	3
Temps d'execució	2	1	3
Manteniment	1	3	1
Durabilitat	1	3	1
Estètica	-	-	-

Ponderació de 1 (valoració més positiva) a 3(valoració menys positiva)

En aquest cas, s'ha considerat que la millor de les tres opcions és la de segellar les fusteries, ja que l'estat actual de la façana és prou bona i no necessita un canvi tan costós per la necessitat existent actualment.

En tercer lloc, es realitzarà una valoració de les diferents propostes per als envans opacs:

Taula 11. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives als envans opacs⁴⁷

Envans opacs			
	Introduir aïllant	Envans prefabricats	Recobrir envans
Absorció acústica	2	1	3
Preu	2	3	1
Impacte mediambiental	2	3	1
Temps d'execució	2	3	1
Manteniment	1	1	3
Durabilitat	1	1	3
Estètica	-	-	-

Ponderació de 1 (valoració més positiva) a 3(valoració menys positiva)

⁴⁶ Font pròpia

⁴⁷ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Per a la situació dels envans opacs, els quals són els que poden millorar-se de forma més senzilla i efectiva donades la situació actual i les condicions exigides, s'ha decidit introduir aïllant entre els taulers bilaminats i alhora recobrir-los per així disminuir de forma notable la propagació del so i, per tant, la contaminació acústica produïda dins les aules. Els envans prefabricats ofereixen una reducció del so molt elevada, però al no ésser necessària per la situació actual, no fa falta realitzar l'esforç que exigeix comprar-los.

En quart lloc, es realitzarà una valoració de les diferents propostes per als envans de vidre:

Taula 12. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives als envans de vidre⁴⁸

Envans de vidre			
	Canviar vidre	Canviar fusteria	Resoldre trobaments
Absorció acústica	1	2	3
Preu	3	2	1
Impacte mediambiental	3	2	1
Temps d'execució	2	2	1
Manteniment	1	1	3
Durabilitat	1	1	3
Estètica	-	-	-

Ponderació de 1 (valoració més positiva) a 3(valoració menys positiva)

A causa de les restriccions respecte als envans de vidre, s'observa que canviar el vidre és inviable, i el fet de canviar la fusteria té una menor relació qualitat-preu que el fet de resoldre els trobaments. És per això que s'ha considerat que la millor opció per als envans de vidre és resoldre els trobaments per a reduir els decibels dins l'aula.

En cinquè lloc, es realitzarà una valoració de les diferents propostes per als sòcols:

⁴⁸ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 13. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives als sòcols⁴⁹

Sòcols			
	Reparar	Canviar	Recobrir
Absorció acústica	3	1	2
Preu	1	3	2
Impacte mediambiental	1	3	2
Temps d'execució	1	3	2
Manteniment	1	1	3
Durabilitat	1	1	3
Estètica	-	-	-

Ponderació de 1 (valoració més positiva) a 3(valoració menys positiva)

Un cop observat l'anàlisi per al cas dels sòcols, s'ha resolt que l'opció adequada per a aquesta part estructural és la de reparar els sòcols actuals, ja que el fet de canviar-los produirà una millora gairebé imperceptible, i el fet de recobrir-los comportarà un manteniment elevat. El fet que els sòcols siguin metàl·lics impliquen una major durabilitat i un menor manteniment, i simplement amb reparar-los ja n'hi haurà suficient per a millorar lleugerament l'aïllament acústic.

I, per últim, es realitzarà una valoració de les diferents propostes per al mobiliari:

Taula 14. Ponderació dels diferents factors influents en les propostes relatives al mobiliari⁵⁰

Mobiliari			
	Folrar	Canviar material	Canviar tacs de goma
Absorció acústica	2	1	3
Preu	2	3	1
Impacte mediambiental	2	3	1
Temps d'execució	2	3	1
Manteniment	2	1	2
Durabilitat	-	-	-
Estètica	-	-	-

Ponderació de 1 (valoració més positiva) a 3(valoració menys positiva)

⁴⁹ Font pròpia

⁵⁰ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Un cop observada la situació del mobiliari, s'ha decidit que la opció que correspon és la de canviar els tacs de goma, ja que el canvi de mobiliari exigeix d'una gran inversió innecessària. La proposta de folrar-la és una molt bona opció, però tenint en compte que s'està parlant d'una obra pública en la qual és molt senzill que es malmetin els materials, s'ha considerat que tampoc era l'opció adequada. Per tant, s'ha decidit que la millor opció per al material que es troba dins l'aula és la de reparar els tacs de goma en els casos en els que sigui necessari.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

8 Solució escollida

La solució que s'ha decidit efectuar després de l'estudi ha estat la següent:

- Sostre: Folrar la xapa metàl·lica
- Façana: Segellar la fusteria
- Envans opacs: Introduir material aïllant entre els taulers bilaminats i recobrir-los
- Envans de vidre: Resoldre els trobaments
- Paviment: No realitzar cap canvi
- Sòcols: Reparar els sòcols actuals
- Mobiliari: Canviar els tacs de goma desgastats i afegir plantes

Es poden realitzar les diferents millores de la solució escollida de forma independent i, en conseqüència, no és necessari realitzar totes les millores alhora. Tot i així, en el cas dels envans opacs s'aconsella introduir primer el material aïllant dins els taulers bilaminats i després recobrir-los. En aquest punt s'indicaran els materials emprats, l'impacte mediambiental d'aquests, la reducció teòrica de decibels si es realitzen totes les millores i els detalls de construcció.

8.1 Materials utilitzats

Els materials emprats per a reduir els decibels de les aules són el suro, la cel·lulosa, la fibra de fusta, les juntes i les plantes.

8.1.1 Suro

L'origen del suro procedeix de la surera. La surera és pelada per primer cop als 30 anys després de cada 12-15 anys. Per tant, és un recurs limitat. El suro es comercialitza en forma sòlida, en forma de làmines, en forma de plaques o taulers, en blocs i en forma granular. A orri es poden aconseguir diverses grandàries, des de grànuls grans fins a farina mòlta.

Una de les variants del suro són els aglomerats. Aquests aglomerats consten de grànuls de suro que estan units entre si mitjançant la pròpia resina natural, havent estat sotmesos a un procés de cocció.

<div><div><div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div></div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	<div>Data: 22-JUN-2016</div>
		<div>Estudis: GrETI</div>
		<div>Codi TFG: 556</div>
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		



Figura 35. Suro⁵¹

Dins els aglomerats existeixen tres tipus segons el seu ús o destí:

- Aglomerats de suro tèrmics
- Aglomerats de suro acústics
- Aglomerats de suro vibràtils

El suro es caracteritza per una llarga vida, resistència als insectes i al fet que és totalment inert. S'utilitza per aïllar forjats, cobertes, parets i soleres tant a l'interior com a l'exterior, ja que és resistent a l'intempèrie. L'únic problema és que està classificat com a material combustible al foc (inflamable).

El suro és un material natural, orgànic, renovable, biodegradable i 100% reciclable, el qual aïlla acústicament de forma adequada i amb un preu econòmic. Això ha fet que es consideri el material ideal per a realitzar els recobriments dels envans opacs.

Després d'observar els diferents materials a l'ITeC, s'han obtingut els diversos suros especials per a aïllaments, mostrats a la taula a continuació.

⁵¹ Font pròpia

Taula 15. Diferents tipus de plaques de suro aglomerat⁵²

B7C5_01 - Placa de suro aglomerat per a aïllaments			
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)
B7C51200	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 20 mm	3,24
B7C51400	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 40 mm	6,48
B7C51600	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 60 mm	9,72
B7C51800	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 80 mm	12,96
B7C51A00	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 100 mm	16,20
B7C53600	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 130 kg/m ³ , d'espessor 60 mm	10,15

S'ha considerat que el material òptim per al que es necessita a les aules és el B7C51600, i seguidament s'observaran els diferents tipus de fixacions per a que el material se subjecti de forma correcta als envans opacs.

Taula 16. Diferents tipus de fixacions per a la placa de suro aglomerat⁵³

B7C51600 - Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m³, d'espessor 60 mm		
Codi	Tipus de fixació	Preu per superfície (€/m²)
E7C51601	Col·locades no adherides	11,84
E7C51602	Col·locades amb adhesiu de formulació específica	13,68
E7C51603	Col·locades amb morter adhesiu	12,47
E7C51604	Col·locades amb fixacions mecàniques	13,14
E7C51606	Col·locades amb oxiasfalt	13,81

Es considera que les fixacions mecàniques realitzen la funció que es demana de forma correcta i tenen una menor repercussió en el medi ambient que les altres substàncies químiques. És per això que serà aquest el tipus de fixació escollit.

⁵² ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

⁵³ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

També és necessari tenir en compte d'altres costos relatius a la instal·lació d'aquest aïllant, els quals es donen tot seguit.

Taula 17. Cost de la placa de suro aglomerat i la seva instal·lació⁵⁴

E7C51604 - Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m³, d'espessor 60 mm, col·locades amb fixacions mecàniques					
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)	Quantitat	Preu unitari (€)
A0122000	h	Oficial 1a col·locador	18,61	0,08	1,4888
A0140000	h	Peó	16,45	0,04	0,658
B7C51600	m ²	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 60 mm	9,72	1,05	10,206
B7CZ1600	u	Tac i suport de nylon per a fixar materials aïllants, de 60 mm d'espessor com a màxim	0,25	3,00	0,75
A%AUX001	%	Costos auxiliars sobre la mà d'obra	2,1468	0,015	0,0322

8.1.2 Cel·lulosa

La cel·lulosa és hidrat de carboni isòmer del midó (químicament parlant), i es comporta de forma similar a la fusta. La cel·lulosa per a aïllaments tèrmics i acústics s'obté a partir de diaris reciclats i triturats. Els seus additius li atorguen propietats ignífugues, antifúngiques i resistència a insectes i paràsits.

Com a material constructiu té una vida il·limitada. S'utilitza per a aïllar envans lleugers de cartró guix, envans de fusta, falsos sostres, extradossat i cavitats en general. S'aplica mitjançant insuflat amb maquinària o bé en obra mitjançant projectat en humit. És un material inodor d'aplicació ràpida i molt net. A més, és un material ecològic i, per tant, respectuós amb el medi ambient.

⁵⁴ ITeC.cat. *Banc BEDEC* [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		



Figura 36. Cel·lulosa⁵⁵

En front a aïllants sintètics, té el gran avantatge d'emmagatzemar la calor que, sumat a la seva major densitat i opacitat a l'aire, li atorga màximes prestacions per a aïllar a l'estiu. Com a aïllament a l'hivern, destaca per la seva baixa conductivitat i al fet que no requereix juntes (ja que per aquestes s'escapa gran part de l'energia). La seva gran porositat li dona unes grans propietats acústiques, evitant ponts acústics.

En resum, les propietats de la cel·lulosa són:

- No genera gasos perillosos en contacte amb el foc
- Monolític sense unions
- S'ajusta a la geometria del paràmetre
- Higroscòpic, pren i cedeix humitat de l'ambient
- Propietats acústiques i tèrmiques estables
- S'adhereix al substrat
- No es compacta amb el temps
- Alta eficiència a l'aïllament acústic i tèrmic
- Requereix ésser instal·lat per personal especialitzat
- Preu baix
- No genera residus

⁵⁵ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Hi ha dos tipus d'aplicació de cel·lulosa que són d'interès per a l'estudi, la insuflada i la projectada. La cel·lulosa insuflada és un aïllament en sec per a reomplir càmeres d'aire i cobertes en edificacions ja acabades i sense aïllament. En canvi, l'aïllament projectat en humit i lliure de juntes es realitza per a obres de nova construcció, façanes i cobertes. Per a aquest estudi, l'aplicació adequada és la de l'aïllament a partir de cel·lulosa insuflada.

Després d'observar diferents materials, s'ha decidit que la cel·lulosa adequada és cel·lulosa insuflada amb una densitat de 50 kg/m^3 . El fet que sigui cel·lulosa insuflada permet no utilitzar cap tipus de fixació, que redueix tant el cost com els residus generats.

També és necessari tenir en compte d'altres costos relatius a la instal·lació d'aquest aïllant, els quals es donen tot seguit.

Taula 18. Cost de l'insuflat de cel·lulosa i la seva instal·lació⁵⁶

Insuflat de 5 cm d'aïllament de cel·lulosa de 50 kg/m^3					
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)	Quantitat	Preu unitari (€)
A0122000	h	Oficial 1a col·locador	18,61	0,06	1,1166
A0140000	h	Peó	16,45	0,03	0,4935
-	m^2	Insuflat de 5 cm d'aïllament de cel·lulosa de 50 kg/m^3	6,73	1,05	7,0665
A%AUX001	%	Costos auxiliars sobre la mà d'obra	2,260	0,015	0,0339

8.1.3 Fibra de fusta

Els taulers de fibra de fusta es componen de fusta provinent de desapprofitaments de serradores mitjançant un procés de desfibrat. En aquest procés, la fusta es tritura fins que s'unifica la fibra. Aquest producte prové de fusta reciclada, ja que la fusta és un producte natural renovable. Això implica que aquest material sigui respectuós amb el medi ambient i, per tant, amb una energia gris (incorporada) baixa.

Aquest material és un bon aïllant acústic i tèrmic, i de fàcil instal·lació. Són fàcils d'adaptar a qualsevol grandària. Com que la instal·lació és seca, aquests panells es poden treure i reutilitzar o reciclar.

⁵⁶ ITeC.cat. *Banc BEDEC* [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		



Figura 37. Fibra de fusta⁵⁷

Les propietats principals de la fibra de fusta són:

- Bon aïllant tèrmic i acústic gràcies a la seva porositat
- Alta durabilitat
- Material renovable, biodegradable i reciclable
- Gran diversitat de colors i textures a causa dels diversos tipus de fusta
- Absorbent d'humitats
- Protecció contra incendis
- Estètica atractiva
- Instal·lació fàcil i ràpida

Després d'observar els diferents materials a l'ITeC, s'han obtingut les diverses plaques de fusta especials per a aïllaments, mostrades a la taula 19.

⁵⁷ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 19. Diferents tipus de plaques de llana de fusta⁵⁸

B7CB_01 - Placa de llana de fusta per a aïllaments			
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)
B7CB2200	m ²	Placa de llana de fusta per a aïllaments (WW), segons UNE-EN 13168, de gruix 20 mm, amb una resistència tèrmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	16,16
B7CB2200L3X6	m ²	Placa rígida de llana de fusta per a aïllaments, segons UNE-EN 13168, de 20 mm de gruix, amb una resistència tèrmica de $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, ref. 245298 de la sèrie Heraklith Encenall Superfi (1.0 mm) de KNAUF INSULATION	19,31
B7CB2200L3XA	m ²	Placa rígida de llana de fusta per a aïllaments, segons UNE-EN 13168, de 20 mm de gruix, amb una resistència tèrmica de $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, ref. 245289 de la sèrie Heraklith Encenall Fi (2.0 mm) de KNAUF INSULATION	17,54
B7CB2200L3XE	m ²	Placa rígida lleugera de llana de fusta per a aïllaments, segons UNE-EN 13168, de 25 mm de gruix, amb una resistència tèrmica de $0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, ref. 2434057 de la sèrie Heraklith C de KNAUF INSULATION	11,62

S'ha considerat que el material òptim per al que es necessita a les aules és el B7CB2200, i seguidament s'observaran els diferents tipus de fixacions per a que el material se subjecti de forma correcta per al cas d'aquest estudi, que és una partida d'obra de rehabilitació-restauració d'edificació.

Taula 20. Diferents tipus de fixacions per a la placa de llana de fusta⁵⁹

B7CB2200 - Placa de llana de fusta per a aïllaments (WW), segons UNE-EN 13168, de gruix 20 mm, amb una resistència tèrmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$		
Codi	Tipus de fixació	Preu per superfície (€/m²)
K7CB2201	Col·locades sense adherir	18,91
K7CB2204	Col·locades amb fixacions mecàniques	20,39

⁵⁸ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

⁵⁹ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Es considera que les fixacions mecàniques realitzen la funció que es demana de forma correcta i tenen una menor repercussió en el medi ambient que les altres substàncies químiques. És per això que serà aquest el tipus de fixació escollit.

També és necessari tenir en compte d'altres costos relatius a la instal·lació d'aquest aïllant, els quals es donen tot seguit.

Taula 21. Cost de la placa de fusta i la seva instal·lació⁶⁰

K7CB2204 - Placa de llana de fusta per a aïllaments (WW), segons UNE-EN 13168, de gruix 20 mm, amb una resistència tèrmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, col·locada amb fixacions mecàniques					
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)	Quantitat	Preu unitari (€)
A0122000	h	Oficial 1a col·locador	18,61	0,09	1,6749
A0140000	h	Peó	16,45	0,045	0,74025
B7CB2200	m ²	Placa de llana de fusta per a aïllaments (WW), segons UNE-EN 13168, de gruix 20 mm, amb una resistència tèrmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	16,16	1,05	16,968
B7CZ1200	u	Tac i suport de nylon per a fixar materials aïllants, de 20 mm d'espessor com a màxim	0,17	3,00	0,51
A%AUX001	%	Costos auxiliars sobre la mà d'obra	2,41515	0,015	0,03623

8.1.4 Junes

Les juntes són aquells tipus de aïllants necessaris per a resoldre els trobaments i tapar els forats que es troben a les parets, paviment i sostre de les habitacions. Aquestes són estrictament necessàries, ja que, tot i que hi hagi molt bons aïllants a l'aula, el so s'escapa per les obertures, i és per això que s'han de tapar amb les juntes i rivets. L'únic problema d'aquestes és que no es realitzen amb materials ecològics i, per tant, s'han d'utilitzar materials com el polietilè.

Després d'observar els diferents materials a l'ITeC, s'han obtingut les diferents juntes especials a considerar per les aules d'estudi.

⁶⁰ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 22. Diferents tipus de juntes⁶¹

E7J5_01 – Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra			
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)
E7J5A01A	m	Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra, amb massilla de silicona neutra, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació	1,49
E7J5A01AK8VQ	m	Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra, amb massilla de silicona neutra, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació. Article: ref. P06SI400 de la sèrie Massilles de poliuretà de BASF-CC	1,48
E7J5A02A	m	Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra, amb massilla de silicona àcida, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació	1,48
E7J5A02AINGK / E7J5A02AINGL / E7J5A02AINGM	m	Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra, amb massilla de silicona àcida ref. B82301001 / B82301002 / B82301003 de la sèrie Materials per a junts de BUTECH, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació	1,19

També és necessari tenir en compte d'altres costos relatius a la instal·lació d'aquest aïllant, els quals es donen tot seguit.

Taula 23. Cost de les juntes⁶²

E7J5A01A - Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra, amb massilla de silicona neutra, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació					
Codi	U.M.	Definició	Preu (€)	Quantitat	Preu unitari (€)
A0127000	h	Oficial 1a col·locador	22,51	0,05	1,1255
B7J50010	dm ³	Massilla per a segellats, d'aplicació amb pistola, de base silicona neutra monocomponent	14,35	0,021	0,30135
B7JZ1010	dm ³	Imprimació prèvia per a segellats de massilla de silicona neutra	24,11	0,0021	0,05063
A%AUX001	%	Costos auxiliars sobre la mà d'obra	1,1255	0,015	0,01688

⁶¹ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

⁶² ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

8.1.5 Plantes

La vegetació com a eina per a amortir l'impacte sonor de diverses fonts de soroll ha estat estudiada i tractada àmpliament. El material vegetal es tan variat que es pot utilitzar a conveniència: depenent de la forma de les fulles i l'estructura de la planta, absorbirà o reflectirà el so de forma diferent. En el cas d'una barrera formada per diversos estrats (herbes, arbustos i arbres), de fulla petita i persistent, tindran un efecte de gran interès si es vol aïllar d'una font de soroll. A més, la terra és precisament una gran eina per a frenar el so a causa de la seva porositat, i actuarà sinèrgicament amb la vegetació per a una major protecció.

És per això que una gran opció per a millorar la acústica de l'aula és utilitzar vegetació de fulla petita i perenne ubicada en angles i zones conflictives. A més, està demostrat que no només ajuda en el factor acústic, sinó que també ajuda a absorbir humitats i a oxigenar la sala, proporcionant un major benestar (pressió arterial, sudoració...). També té una gran importància el fet que no genera residus.

En aquest estudi es podrien utilitzar diverses plantes, però s'han optat per les següents: el potus (*epipremnum aureum*) i l'arbre de cauxú (*ficus robusta*).



Figura 38. Potus (*epipremnum aureum*)⁶³ i Arbre de cauxú (*ficus robusta*)⁶⁴

⁶³Dreamstime.com. *Epipremnum aureum plant* [en línia]. [Consultada: 13 juny 2016]. Recuperada de: <<http://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-image-epipremnum-aureum-plant-image37542546>>.

⁶⁴KeywordSuggestions.com. *Ficus Robusta* [en línia]. [Consultada: 13 juny 2016]. Recuperada de: <<http://www.keyword-suggestions.com/ZmljdXMgZWxhc3RpY2Egcm9idXN0YQ/>>.

<div><div><div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div></div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	<div>Data: 22-JUN-2016</div>
		<div>Estudis: GrETI</div>
		<div>Codi TFG: 556</div>
		<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>

8.1.5.1 *Potus (epipremnum aureum)*

L'*epipremnum aureum*, comunament coneguda com potus, *photos*, o *potos* es una espècie de la família *Araceae* nativa del sud-est asiàtic (Malàisia i Indonèsia) i de Nova Guinea. De vegades es confon amb la *philoendron* a les floristeries.

Aquesta planta és popular com a planta d'interior, amb fulles de color groc, blanc i verd clar. Sovint s'utilitza com a element decoratiu a centres comercials, oficines i instal·lacions públiques, principalment perquè és una espècie d'aspecte atractiu, molt resistent i que requereix molt poc manteniment. És molt eficaç contra la contaminació ambiental en interiors, eliminant formaldehids, xilens i benzèns.

Els millors resultats s'aconsegueixen proporcionant-li llum mitjana indirecta. Tolera una lluminositat intensa, però llargs períodes de llum solar directa cremen les fulles. Vegeta bé a temperatura d'entre 17 i 30 °C. Generalment només necessitarà ser regada quan la terra es noti seca al tacte. Es pot afegir fertilitzant líquid durant la primavera i s'ha de replantar cada dos anys. Tot i així, és una planta molt robusta que suporta males condicions de cultiu. En cultiu hidropònic creix ràpidament.

8.1.5.2 *Arbre de cautxú (ficus robusta)*

El *ficus robusta* (*ficus elastica*), conegut com a arbre de cautxú es una espècie de la família *Moraceae* amb origen a les selves tropicals de l'Índia.

Aquesta es una planta d'interior resistent amb grans fulles de color verd fosc. Li agrada molt la llum, fins i tot el sol directe, cosa que provoca una necessitat d'un entorn lluminós i ampli per a créixer amb comoditat. Si es col·loca en posicions d'ombra o fosques perdria la majoria de les fulles. Per tant, si no està ubicada en un lloc molt lluminós (la biblioteca és molt lluminosa gràcies als envans de vidre) s'aconsella anar-la girant un cop al més per a que tota la planta rebi la mateixa quantitat de llum.

El ficus aguanta temperatures altes i baixes, però no tolera canvis bruscos de temperatura (cauen les fulles). L'arbre de cautxú s'ha de regar de forma moderada, esperant a que la terra es sequi abans de tornar-la a regar (igual que el potus).

8.1.5.3 Ubicació de les plantes

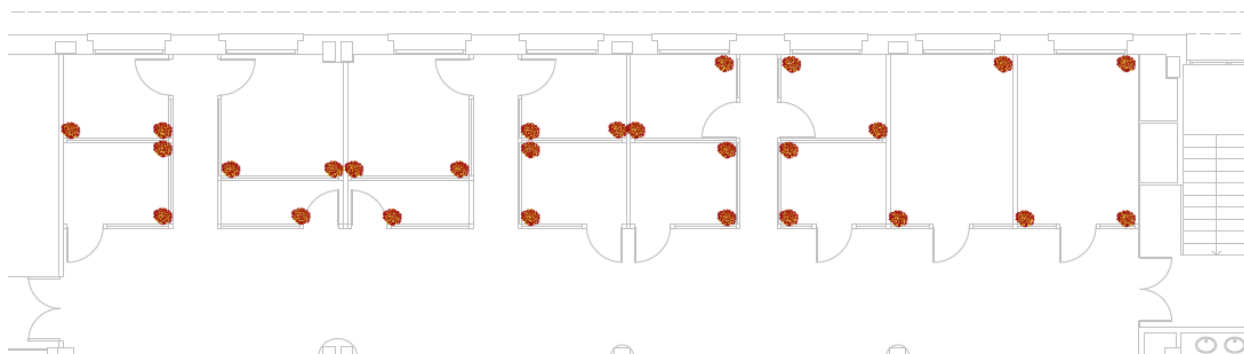


Figura 39. Ubicació de les plantes a les sales⁶⁵

Les plantes s'han ubicat de forma estratègica considerant els punts en els quals no molestin els estudiants, per així ajudar en l'absorció acústica i fer més agradable la estada dins les sales, tant estètica com ambientalment.

Les zones on hi toca menys el sol, o on hi toca la llum de forma indirecta, és on es trobaran els potus, ja que no toleren l'entrada de llum solar directa. En canvi, en les zones on entra llum directa estaran els arbres de cautxú.

A continuació s'observen la quantitat i els preus de les dues plantes que s'han contemplat en aquest estudi com part de la solució escollida.

Taula 24. Quantitat i cost del potus⁶⁶ i l'arbre de cautxú⁶⁷

Plantes		
Definició	Quantitat	Preu unitari (€)
Potus (<i>Epipremnum aureum</i>)	15	22
Arbre de cautxú (<i>Ficus robusta</i>)	12	20

⁶⁵ Font pròpia

⁶⁶PlanetaHuerto.es. *Potho Tutor (Epipremnum aureum)* [en línia]. [Consultada: 18 juny 2016]. Recuperada de: <https://www.planetahuerto.es/venta-potho-tutor-epipremnum-aureum_26131>.

⁶⁷PlanetaHuerto.es. *Ficus robusta Abidjan de 3 cañas* [en línia]. [Consultada: 18 juny 2016]. Recuperada de: <https://www.planetahuerto.es/venta-ficus-robusta-abidjan-de-3-canas_26080>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

8.2 Impacte mediambiental

Seguidament s'observarà l'impacte ambiental dels diferents materials emprats. En tots els casos s'han agafat materials ecològics i sostenibles (excepte per les juntes, ja que no s'ha trobat cap altra opció). Per tant, l'impacte generat és molt baix.

En tots els casos s'ha analitzat el consum energètic, incloent la matèria prima, contingut reciclat, cost energètic i emissions de CO₂, i també s'han classificat els residus mitjançant separacions selectives per codis LER, segons els límits del RD 105/2008 i mitjançant la separació selectiva mínima per tipus de residu.

En aquest punt no s'ha estudiat el cas dels tacs de goma perquè l'impacte mediambiental és molt reduït i, a més, està format de plàstic, que és un material no perillós (no especial). El cas de reparació dels sòcols no genera residus, només un petit cost econòmic a causa de la seva reparació.

8.2.1 Suro

A continuació s'observen els detalls d'aquesta solució amb les diferents dades mediambientals que comporta.

Taula 25. Consum energètic de la placa de suro aglomerat⁶⁸

E7C51604 - Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m³, d'espessor 60 mm, col·locades amb fixacions mecàniques								
Consum energètic			Matèria prima (%)	Contingut reciclat (%)		Cost energètic		Emissió CO ₂ (kg)
				Pre consum	Post consum	(MJ)	(kWh)	
<i>Constitutius</i>			100,00	0	0	28,78	7,99	1,88
B7C51600	Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 60 mm	1,05 m ²	100,00	0	0	27,30	7,58	1,66
B7CZ1600	Tac i suport de nylon per a fixar materials aïllants, de 60 mm d'espessor com a màxim	3,00 u	100,00	0	0	1,47	0,41	0,22

⁶⁸ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 26. Classificació dels residus produïts per la placa de suro aglomerat⁶⁹

E7C51604 - Placa de suro aglomerat (ICB), segons la norma UNE-EN 13170, de densitat 110 kg/m ³ , d'espessor 60 mm, col·locades amb fixacions mecàniques			
Residus		Massa (kg)	Volum (m ³)
<i>Separació selectiva per codis LER (Llista Europea de Residus) específics</i>		1,21	0,0089
Residu d'embalatge		0,88	0,0059
150101 (envasos de paper i cartró)	No perillous (no especials)	0,72	0,0049
150103 (envasos de fusta)	No perillous (no especials)	0,16	0,0010
Residu de col·locació		0,33	0,0030
170604 (materials d'aïllament que no contenen amiant ni d'altres substàncies perillous)	No perillous (no especials)	0,33	0,0030
<i>Separació selectiva segons els límits del RD 105/2008</i>		1,21	0,0089
150101 (envasos de paper i cartró)		0,72	0,0049
170201 (fusta)		0,16	0,0010
170904 (residus barrejats de construcció i demolició que no contenen mercuri, PCB ni substàncies perillous)		0,33	0,0030
<i>Separació selectiva mínima per tipus de residu</i>		1,21	0,0089
No perillous (no especials)		1,21	0,0089

8.2.2 Cel·lulosa

A continuació s'observen els detalls d'aquesta solució amb les diferents dades mediambientals que comporta.

⁶⁹ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>		

Taula 27. Consum energètic de la cel·lulosa insuflada⁷⁰

Insuflat de 5 cm d'aïllament de cel·lulosa de 50 kg/m ³								
Consum energètic			Matèria prima (%)	Contingut reciclat (%)		Cost energètic		Emissió CO ₂ (kg)
				Pre consum	Post consum	(MJ)	(kWh)	
<i>Constitutius</i>			0	0	100,00	21,96	6,10	0,52
-	Insuflat de 5 cm d'aïllament de cel·lulosa de 50 kg/m ³	1,00 m ²	0	0	100,00	21,96	6,10	0,52

Taula 28. Classificació dels residus produïts per la cel·lulosa insuflada⁷¹

Insuflat de 5 cm d'aïllament de cel·lulosa de 50 kg/m³			
Residus		Massa (kg)	Volum (m³)
Separació selectiva per codis LER (Llista Europea de Residus) específics		0,72	0,0029
Residu d'embalatge		0,72	0,0029
150101 (envasos de paper i cartró)	No perillosos (no especials)	0,72	0,0029
Separació selectiva segons els límits del RD 105/2008		0,72	0,0029
150101 (envasos de paper i cartró)		0,72	0,0029
Separació selectiva mínima per tipus de residu		0,72	0,0029
No perillosos (no especials)		0,72	0,0029

8.2.3 Fibra de fusta

A continuació s'observen els detalls d'aquesta solució amb les diferents dades mediambientals que comporta.

⁷⁰ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

⁷¹ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Taula 29. Consum energètic de la placa de llana de fusta⁷²

K7CB2204 - Placa de llana de fusta per a aïllaments (WW), segons UNE-EN 13168, de gruix 20 mm, amb una resistència tèrmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, col·locada amb fixacions mecàniques								
Consum energètic			Matèria prima (%)	Contingut reciclat (%)		Cost energètic		Emissió CO ₂
				Pre consum	Post consum	(MJ)	(kWh)	(kg)
<i>Constitutius</i>			100,00	0	0	0,78	0,22	0,12
B7CZ1200	Tac i suport de nylon per a fixar materials aïllants, de 20 mm d'espessor com a màxim	3,00 u	100,00	0	0	0,78	0,22	0,12

Taula 30. Classificació dels residus produïts per la placa de llana de fusta⁷³

K7CB2204 - Placa de llana de fusta per a aïllaments (WW), segons UNE-EN 13168, de gruix 20 mm, amb una resistència tèrmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, col·locada amb fixacions mecàniques			
Residus		Massa (kg)	Volum (m ³)
Separació selectiva per codis LER (Llista Europea de Residus) específics		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$
Residu d'embalatge		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$
150101 (envasos de paper i cartró)	No perillosos (no especials)	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$
Separació selectiva segons els límits del RD 105/2008		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$
150101 (envasos de paper i cartró)		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$
Separació selectiva mínima per tipus de residu		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$
No perillosos (no especials)		$7,2 \cdot 10^{-4}$	$4,32 \cdot 10^{-6}$

8.2.4 Juntes

S'ha considerat que el material òptim per al que es necessita a les aules és el E7J5A01A, i a continuació s'observen els detalls d'aquesta solució amb les diferents dades mediambientals que comporta.

⁷² ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx.

⁷³ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx.

Taula 31. Consum energètic de les juntes⁷⁴

E7J5A01A – Segellat de junt de fusteries amb el buit d'obra, amb massilla de silicona neutra, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació								
Consum energètic			Matèria prima (%)	Contingut reciclat (%)		Cost energètic		Emissió CO ₂
				Pre consum	Post consum	(MJ)	(kWh)	(kg)
<i>Constitutius</i>			100,00	0	0	0,50	0,14	0,0743
B7J50010	Massilla per a segellats, d'aplicació amb pistola, de base silicona neutra monocomponent	0,021 dm ³	100,00	0	0	0,46	0,13	0,0681
B7JZ1010	Imprimació prèvia per a segellats de massilla de silicona neutra	0,021 dm ³	100,00	0	0	0,042	0,0117	0,0062

Taula 32. Classificació dels residus produïts per les juntes⁷⁵

E7J5A01A – Segellat de junt de fusteries amb el buit d’obra, amb massilla de silicona neutra, aplicada amb pistola manual, prèvia imprimació				
Residus		Massa (kg)	Volum (m³)	
Separació selectiva per codis LER específics		0,0037	2,70·10 ⁻⁵	
Residu d’embalatge		0,0037	2,70·10 ⁻⁵	
150102 (envasos de plàstic)	No perillosos	6,49·10 ⁻⁷	7,13·10 ⁻¹⁰	
150103 (envasos de fusta)	No perillosos	1,32·10 ⁻⁵	8,82·10 ⁻⁸	
150110 (envasos amb restes de substàncies perilloses o contaminants per elles)	Perillosos (especials)	0,0036	2,69·10 ⁻⁵	
Separació selectiva segons els límits del RD 105/2008		0,0037	2,70·10 ⁻⁵	
170201 (fusta)		1,32·10 ⁻⁵	8,82·10 ⁻⁸	
170203 (plàstic)		6,49·10 ⁻⁷	7,13·10 ⁻¹⁰	
170903 (residus barrejats de construcció i demolició que contenen substàncies perilloses)		0,0036	2,69·10 ⁻⁵	
Separació selectiva mínima per tipus de residu		0,0037	2,70·10 ⁻⁵	
Perillosos (especials)		0,0036	2,69·10 ⁻⁵	
No perillosos (no especials)		1,39·10 ⁻⁵	8,89·10 ⁻⁸	

⁷⁴ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

⁷⁵ ITeC.cat. Banc BEDEC [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <www.itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

8.3 Estudi acústic

Per a conèixer la capacitat d'absorció dels materials escollits és necessari el coeficient d'absorció acústica, que és una relació entre l'energia absorbida i l'energia incident al material. Aquests valors oscil·len entre 0 i 1, essent 0 total reflexió i 1 total absorció. Per tant, és important que els materials aïllants tendeixin a 1.

$$\alpha = \frac{\text{energia absorbida}}{\text{energia incident}}$$

Aquest coeficient s'ha de calcular per a les diferents bandes de freqüència (125, 250, 500, 1.000, 2.000 i 4.000 Hz). En general no es treballa amb aquest coeficient, ja que és molt específic per a una freqüència concreta, sinó que s'utilitza una mitjana entre els coeficients d'absorció acústica de 250, 500, 1.000 i 2.000 Hz, aproximat al múltiple de 0,05 més proper. Aquest coeficient, que és el coeficient de reducció del soroll o NRC (*Noise Reduction Coefficient*), és molt representatiu en els estudis acústics perquè generalitza el comportament del material en diferents freqüències.

$$NRC = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1.000} + \alpha_{2.000}}{4}$$

Aquest coeficient és més comú en les fitxes tècniques, i a continuació s'observen els NRC dels diferents materials emprats:

Taula 33. NRC del suro, cel·lulosa⁷⁶ i fibra de fusta⁷⁷

Coeficient de reducció del soroll	
Nom del material	NRC
Suro	0,64
Cel·lulosa	0,80
Fibra de fusta	0,55

⁷⁶ TasconIndustries.com. *Cellulose insulation vs. Foam insulation* [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <http://www.tasconindustries.com/CelluloseVsFoam.html>.

⁷⁷ FADU.edu.uy. *Banc BEDEC* [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <http://www.fadu.edu.uy/acondicionamiento-acustico/wp-content/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Absorcion.pdf>.

<div><div><div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div></div> <div>Secció Terrassa</div>	<div>Millora Sales BCT</div>	<div>Data: 22-JUN-2016</div>
		<div>Estudis: GrETI</div>
		<div>Codi TFG: 556</div>
		<div>Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT</div>

El coeficient de reducció del soroll és d'utilitat en la següent equació:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log\left(\frac{S}{A}\right)$$

On R és l'índex de reducció sonora, també conegut com a índex d'aïllament acústic [dB]; L_1 és el nivell de pressió sonora a la sala emissora [dB]; L_2 és el nivell de pressió sonora a la sala receptora [dB]; S és la superfície de l'element separador [m^2]; i A és l'absorció de soroll del recinte [m^2].

A es calcula a partir dels diferents valors del coeficient d'absorció acústica, però també es pot utilitzar el NRC com a aproximació, ja que en tots els casos la S és la mateixa:

$$A = \sum \alpha_i \cdot S_i = \alpha_{NRC} \cdot S$$

Per tant, l'equació final queda:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{\alpha_{NRC}}\right)$$

Considerant aquesta equació i els valors obtinguts a l'apartat 6.1.3 *Estudi sonomètric*, sense oblidar els productes que es troben actualment al mercat, es calcula que l'índex de reducció sonora dels materials que s'utilitzaran a les aules ha de ser l'observat a la taula mostrada a continuació.

Taula 34. R del suro⁷⁸, cel·lulosa⁷⁹ i fibra de fusta⁸⁰

Índex de reducció sonora	
Nom del material	R (dB)
Suro	8
Cel·lulosa	7
Fibra de fusta	14

⁷⁸ Socyr.com. *Natural en placas: Corcho natural* [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <<http://www.socyr.com/wp-content/uploads/socyr.com/Corcho-Natural.pdf>>.

⁷⁹ AislayAhorra.com. *Aislamiento de celulosa, una opción inteligente* [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <<http://aislayahorra.blogspot.com.es/2010/09/aislamietno-de-celulosa-una-opcion.html>>.

⁸⁰ Infomadera.net. *Comportamiento acústico* [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4504_13602.pdf?PHPSESSID=6f19bf8a7dffc5daa14e6a728b914639>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

Un cop conegut el valor de R per a cadascun dels materials, comptant amb la reducció de decibels produït per les plantes i tacs de goma, i considerant l'eliminació dels buits mitjançant les juntes i la reparació dels sòcols, s'estima que la reducció de la contaminació és aproximadament d'un 50%.

8.4 Detalls constructius

S'han realitzat diferents plànols de detalls constructius per a mostrar els canvis que es produeixen a les sales. El color vermell intens indica els elements del projecte o estudi que s'han afegit als ja existents a les sales, els quals s'indiquen a la llegenda, que es troba a dalt a la dreta de cadascun dels diferents plànols.

8.4.1 Secció vertical

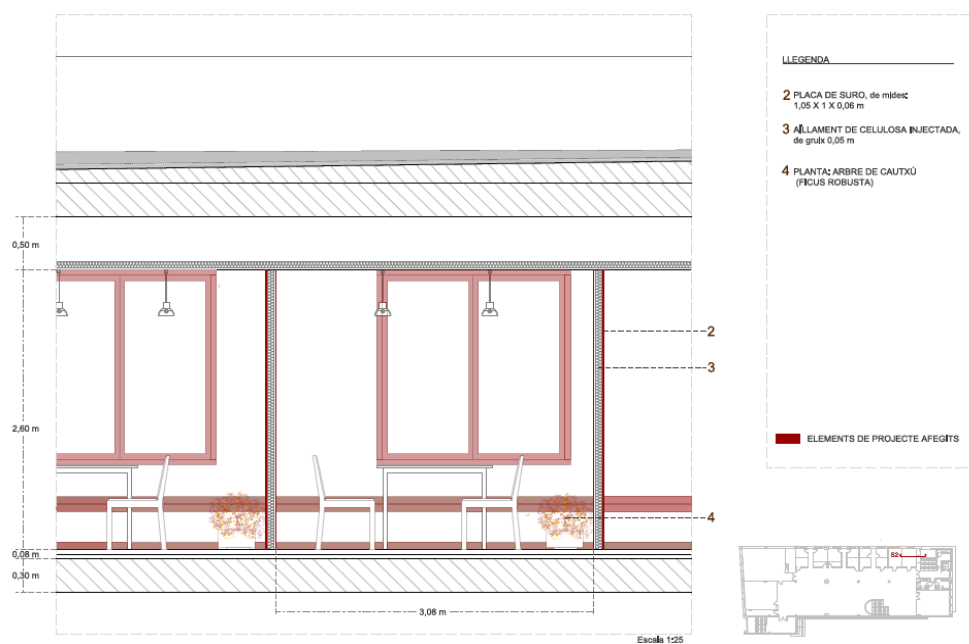


Figura 40. Detall constructiu 1⁸¹

⁸¹ Font pròpia



Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

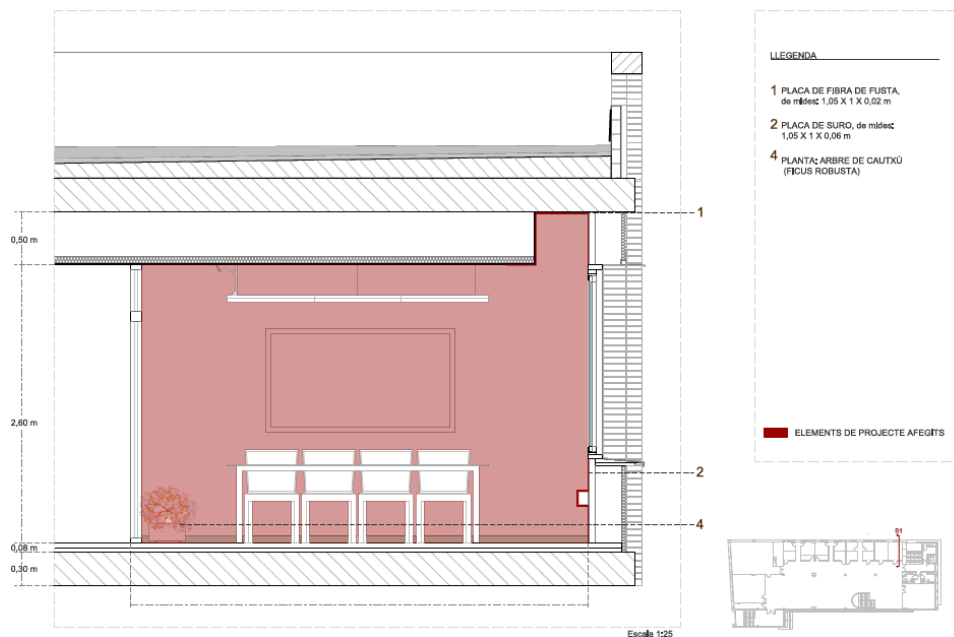


Figura 41. Secció 2⁸²

8.4.2 Secció horitzontal

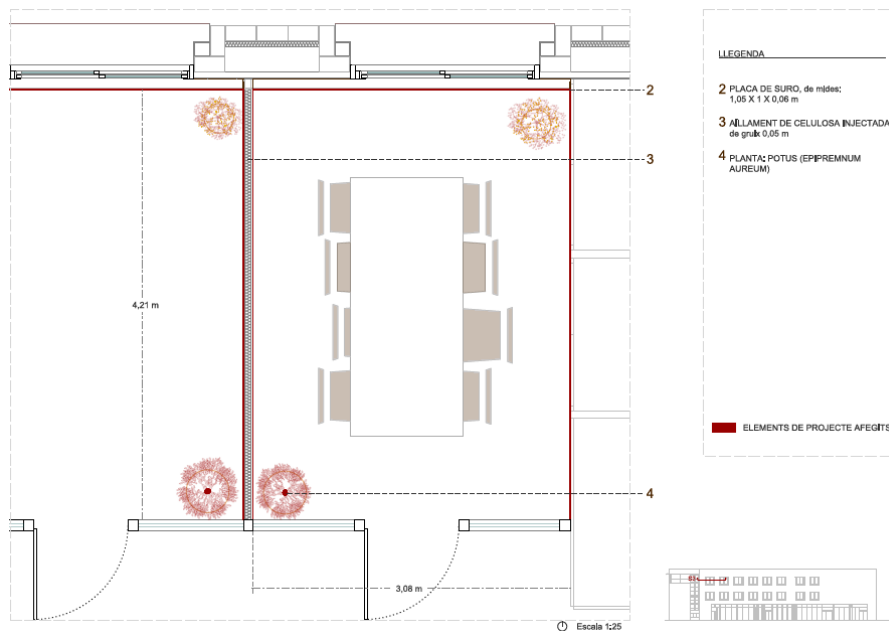


Figura 42. Secció 3⁸³

⁸² Font pròpia

⁸³ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

9 Pressupost

En aquest punt s'adjunta el resum del pressupost que s'ha calculat a partir de tots els canvis realitzats, tenint en compte el cost de realització de l'estudi, el cost dels diferents materials i la mà d'obra, les despeses generals d'empresa i el benefici industrial.

Taula 35. Resum del pressupost⁸⁴

Pressupost	
Tipus d'activitat	Cost final (€)
Preu total d'execució del material	5.829
Despeses generals d'empresa (16%)	933
Benefici industrial (6%)	350
PRESSUPOST	7.112

S'observa que el pressupost calculat és de 7.112 €.

⁸⁴ Font pròpia

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
		Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT

10 Conclusions i futures recomanacions

L'objectiu d'aquest projecte és reduir la contaminació acústica de les aules de la planta superior de la Biblioteca del Campus de Terrassa per a que els usuaris puguin treballar en les condicions adequades.

Primer, s'ha introduït la situació actual de la biblioteca per a ubicar-la en el context corresponent. Després s'han analitzat les aules d'estudi en base a la documentació facilitada per la universitat i d'altres referències, i també s'ha consultat als usuaris i treballadors i s'ha realitzat un estudi sonomètric. Un cop analitzada la situació s'han valorat diferents solucions i la viabilitat d'aquestes, i s'ha acabat optant per una solució final. Aquesta solució consta de la utilització de materials sostenibles com el suro, la cel·lulosa o la fibra de fusta per a reduir l'impacte ambiental, i s'ha realitzat un pressupost de l'estudi, valorat en 7.112 euros. Amb aquestes millores, la reducció de la contaminació acústica s'estima prop del 50%, que implica l'acompliment de la normativa per a obres públiques (soroll aeri menor a 35 dB).

Finalment, es recomana implementar aquestes millores el més aviat possible, ja que els usuaris reclamen poder treballar i estudiar en les condicions adequades, cosa que actualment no succeeix. A més, el pressupost s'adequa a la situació actual i, per tant, si aquest no s'implementa en els propers mesos s'haurà de tornar a calcular de nou.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

11 Bibliografia

Introducció de la Biblioteca del Campus de Terrassa:

- Terrassa.upc.edu. *Què és el Campus de la UPC Terrassa* [en línia]. [Consultada: 11 juny 2016]. Recuperada de: <<http://www.terrassa.upc.edu/apartat/44>>.
- Bibliotècnica.upc.edu. *Coneix la Biblioteca del Campus de Terrassa* [en línia]. [Consultada: 12 juny 2016]. Recuperada de: <<http://biblioteca.upc.edu/info/coneix-biblioteca-del-campus-terrassa>>.

Normativa:

- BOE.es. *Código Técnico de la Edificación* [en línia]. [Consultada: 19 abril 2016]. Recuperada de: <www.boe.es>.
- Aenor.es. *Normas UNE* [en línia]. [Consultada: 21 abril 2016]. Recuperada de: <www.aenor.es>.
- CódigoTécnico.org. *DB-HR Protección frente al Ruido* [en línia]. [Consultada: 25 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.codigotecnico.org/>>.

Estudi sonomètric:

- *Contaminació acústica – Tecnologia del Medi Ambient (GrETI)*. ESEIAAT, 2015.
- Beranek-Ver. *Noise and Vibration Control Engineering*. Wiley, 1992.
- Bies-Hansen. *Engineering Noise Control*. FNSPON, 1996.
- Kinsler. *Fundamentos de Acústica*. Limusa, 1992.
- Ochoa-Bolaño. *Medida y Control del Ruido*. Marcombo, 1990.
- Querol i Noguera. *Manual de mesurament i avaluació del soroll*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, 1994.
- Wilson. *Noise Control, Measurement, Analysis, and Control of Sound and Vibration*. Harper & Rou, 1989.

Cerca de referències:

- FundaciónBertelsmann.org. *Aprendiendo de otros en las bibliotecas públicas* [en línia]. [Consultada: 10 abril 2016]. Recuperada de: <https://www.fundacionbertelsmann.org/fileadmin/files/Fundacion/Publicaciones/13_ByG8.pdf>.
- Gavilán, C.M. *Planificación de edificios de bibliotecas: instalaciones y equipamientos*. EPrints, 2009.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

- IFLA.org. *Library buildings and equipment* [en línia]. [Consultada: 12 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.ifla.org/library-buildings-and-equipment>>.
- DesigningLibraries.org.uk. *Library trends* [en línia]. [Consultada: 12 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.designinglibraries.org.uk/>>.
- UAB.cat. *Biblioteques UAB* [en línia]. [Consultada: 14 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.uab.cat/biblioteques/>>.
- BibliotecaGirona.gencat.cat. *Biblioteca Pública de Girona* [en línia]. [Consultada: 16 abril 2016]. Recuperada de: <<http://bibliotecagirona.gencat.cat>>.

Obtenció d'informació específica:

- Knauf.es. *Productos* [en línia]. [Consultada: 17 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.knauf.es/>>.
- Pladur.com. *Gama de Productos* [en línia]. [Consultada: 17 abril 2016]. Recuperada de: <<https://www.pladur.com/>>.
- Isover.es. *Productos* [en línia]. [Consultada: 18 abril 2016]. Recuperada de: <<https://www.isover.es/>>.
- Armstrong.es. *Techos acústicos* [en línia]. [Consultada: 19 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.armstrong.es/>>.
- Fermacell.es. *Manual de Materiales Típicos*. [en línia]. [Consultada: 22 abril 2016]. Recuperada de: <<http://www.fermacell.es/>>.

Materials utilitzats:

- ITeC.cat. *Banc BEDEC* [en línia]. [Consultada: 5 maig 2016]. Recuperada de: <<http://itec.cat/>>.
- InstitutCatalàdelSuro.com. *Llista de normes relacionades amb el suro* [en línia]. [Consultada: 13 maig 2016]. Recuperada de: <<http://www.icsuro.com/>>.
- Socyr.com. *Celulosa* [en línia]. [Consultada: 15 maig 2016]. Recuperada de: <<http://www.socyr.com/aislamiento-celulosa-insuflada/>>.
- EcoAislamientos.es. *Aislamientos Insuflados: Celulosa* [en línia]. [Consultada: 22 maig 2016]. Recuperada de: <<http://www.ecoaislamientos.es/aislamientos-insuflados/celulosa/>>.
- BeyondSustainable.net. *Aislamientos térmicos de origen vegetal*. [en línia]. [Consultada: 22 maig 2016]. Recuperada de: <<https://beyondsustainable.net/2013/11/13/los-aislamientos-termicos-de-origen-vegetal/>>.
- UnCuartoPropio.es. *Plantas y confort acústico*. [en línia]. [Consultada: 29 maig 2016]. Recuperada de: <<http://uncuartopropio.es/plantas-y-confort-acustico-2/>>.
- Hogarmania.com. *Ficus robusta*. [en línia]. [Consultada: 30 maig 2016]. Recuperada de: <<http://www.hogarmania.com/jardineria/fichas/plantas/200301/ficus-robusta-5120.html>>.

 <div>Escola Superior d'Enginyeries Industrials, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>Secció Terrassa</div>	Millora Sales BCT	Data: 22-JUN-2016
		Estudis: GrETI
		Codi TFG: 556
Estudi i millora de la insonorització de les sales de treball en grup de la BCT		

- Wikipedia.org. *Epipremnum aureum*. [en línia]. [Consultada: 30 maig 2016]. Recuperada de: https://es.wikipedia.org/wiki/Epipremnum_aureum.

Estudi acústic:

- EUMUS.edu.uy. *Apuntes de acústica*. [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/apuntes/cap04.pdf>.
- Inerco.com. *Acústica – Guía técnica*. [en línia]. [Consultada: 20 juny 2016]. Recuperada de: http://www.inerco.com/Descargas/Acustica/Guia_tecnica.pdf.

Pressupost:

- CYPE.es. *Generadores de presupuestos* [en línia]. [Consultada: 5 juny 2016]. Recuperada de: <http://www.cype.es/>.